

الجزء الثاني

كيميل بيولوجي



مراجعة
الد/ عبد الحليم مستنصر



مراجعة
الد/ شافق محمد حماد
الد/ عادل إبراهيم الجزار

كيمبل بيولوجي

الجزء الثاني

كيمبل بيولوجي

John W. Kimball

الجزء الثاني

تأليف

جون و. كيمبال

تعريب

أ. د. / شاكرا محمد حماد أ. د. / عادل إبراهيم الجزار
استاذ علم الحشرات استاذ علم النبات
جامعة الملك فيصل (سابقاً) جامعة الملك فيصل (سابقاً)

مراجعة

أ. د. / عبد الحليم منتصر
استاذ علم النبات وعضو مجمع اللغة العربية



ص. ب: ١٠٧٢٠ - الرياض: ١١٤٤٣ - تليكس ٤٠٣١٢٩
المملكة العربية السعودية - تلفون ٤٦٥٨٥٢٣ - ٤٦٤٧٥٣١

رقم الإيداع

٩٣/٥٠١٢

حقوق النشر :-

Biology, by John W. Kimball

الطبعة العربية :-

© دار المريخ للنشر ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، ١٤١٣ هـ / ١٩٩٣ م

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لدار المريخ للنشر - الرياض

المملكة العربية السعودية ، ص. ب. ١٠٧٢٠ - الرمز البريدي ١١٤٤٣

تلكس ٤٠٣١٢٩ - فاكس ٤٦٥٧٩٣٩ ، هاتف ٤٦٤٧٥٣١ / ٤٦٥٨٥٢٣

لا يجوز استنساخ أو طباعة أو تصوير أي جزء من هذا الكتاب

أو إحتزانه بأية وسيلة إلا بإذن مسبق من الناشر .



المحتويات

الجزء الأول

تمهيد

القسم الأول : مقدمة

- ٢٣ الباب الأول : ماهي الحياة ؟
لماذا ندرس علوم الحياة ؟ - خصائص الحياة - التنظيم المعقد للحياة - الأيض -
التكاثر - الاستجابة - التطور - ملخص الباب - تمارين ومسائل .
- ٣٩ الباب الثاني : الطرق العلمية
مقدمة - المشاهدات العلمية - التفسيرات العلمية - اختبار الفروض - نشر العمل
العلمي - قابلية العمل العلمي للتكرار البناء على عمل الآخرين - العلوم الأساسية
في مقابل العلوم التطبيقية .

القسم الثاني : تنظيم الحياة

- ٥٩ الباب الثالث : الأسس الكيميائية للحياة : مبادئ
صورة المادة - فصل مكونات مخلوط المواد النقية - العناصر - الذرات - تركيب الغرة -
الجدول النظري : نظرة عن قرب - الروابط الكيميائية - الرابطة الهيدروجينية - المواد
المحببة للماء والمواد الكارهة للماء - الأحماض والقواعد - الوزن الجزيئي والمول - الأس
الهيدروجيني (درجة الحموضة) - التغيرات الكيميائية - طاقة الرابطة - تفاعلات
الأكسدة والاختزال - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .
- ١٠٥ الباب الرابع : جزيئات الحياة
الهيدروكربونات - الليبيدات - الكربوهيدرات - السكريات - النشويات - السيليلوز -
البروتينات - تركيب الأحماض الأمينية - تركيب عديدات الببتيد - تركيب ووظيفة
البروتين - بعض العلاقات - الأحماض النووية - ملخص الباب - تمارين ومسائل -
المراجع .

١٤٥ الباب الخامس : الأساس الخلوي للحياة

الخلية كوحدة التركيب في الكائنات الحية - غشاء الخلية - النواة - السيتوبلازم -
الميتوكوندريا - البلاستيدات الخضراء - الريبوسومات - الشبكة الإندوبلازمية - جهاز

جولجي - الليسوزومات - البيروكسيزومات - الفجوات - وظائف الأغشية داخل الخلية - الخيوط الدقيقة - الخيوط البينية - الأنابيب الدقيقة - السنريولات - الأهداب والأسواط - طلاءات الخلية - بدائيات النواة وحقيقيات النواة - التشكل - الأنسجة الحيوانية - الأنسجة النباتية - الاتصالات بين الخلايا - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع.

القسم الثالث : حياة الخلية

الباب السادس : الأيض في الخلايا ١٩٥

يشه الخلية - تركيب السائل الموجود خارج الخلايا - الانتشار - الانتشار الميسر - الأوزموزية - تحمل الأوساط ناقصة التوير وزائدة التوتر - النقل النشط - دخول المواد إلى الخلية - خروج المواد من الخلية - كيمياء الخلية - الأنزيمات - التفاعل بين الإنزيم والوسط - متطلبات الإنزيم الفعّال - أداء الوظيفة - تنظيم الإنزيمات - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع.

الباب السابع : انطلاق الطاقة في الخلية ٢٣١

البناء والهدم - الجلوكزة - أ ت ب و ن أ د - الجلوكزة : شحن المضخة - الجلوكزة : الأكسدة الأولى - تخمر حامض اللاكتيك - التخمر الكحولي - التنفس الحلوي - دورة حامض الستريك - السلسلة التنفسية - إزدواج النقل الاليكتروني مع تخليق أ ب ت - صحيفة الرصيد التنفسي : المواد - صحيفة الرصيد التنفسي : الطاقة - بطارية التخزين الحيوية - ماذا عن أنواع الوقود الأخرى ؟ - التحكم في التنفس الحلوي - كيف تم التوصل إلى هذه الاكتشافات ؟ - إستخدامات الطاقة - الشغل الآلي - النقل النشط - إنتاج الحرارة - البناء - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المرجع.

الباب الثامن : البناء الضوئي ٢٧٣

التجارب الأولى - الأصباغ - البلاستيدات الخضراء - الورقة - العوامل المحددة لمعدل البناء الضوئي - تفاعلات الظلام - تفاعلات الضوء - تأثير الضوء على الكلوروفيل - النظم الضوئية ٢،١ - الفسفرة الضوئية الحلقية - نباتات ك ٤ - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع.

الباب التاسع : انقسام الخلية ٣١٣

الاستمرار الوراثي للخلايا - الانقسام غير المباشر - طبيعة التكاثر الجنسي - التكاثر الجنسي في البكتيريا - الانقسام الاختزالي - الانقسام الاختزالي والتباين - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع.

القسم الرابع : الوراثة

٣٤٣ الباب العاشر : الوراثة : عمل مندل

نظرية توارث الصفات المكتسبة - نظرية مندل : الخلفية - تجارب مندل - إفتراض مندل - كيفية الحكم على الافتراضات - التلقيح الاختباري : إختيار لإفتراض مندل - الهجين الثنائية - قانون التوزيع المستقل - مابعد نظرية مندل - التباين المستمر : إفتراض تعدد العوامل - ملخص الباب - تمارين وسائل - المراجع .

٣٦٥ الباب الحادي عشر : جينات هل كروموسومات

السلوك المتوازي للجينات والكروموسومات - إختبارات النظرية - الكروموسومات - تحديد الجنس - إرتباط X - الشواذ الكروموسومية - الإرتباط - خرائط الكروموسومية - دليل كلايتون ومكلتوك - نسبة المجموعات الارتباطية إلى كروموسومات - ملخص الباب - تمارين وسائل .

٣٩٩ الباب الثاني عشر : الطبيعة الكيميائية للجينات

الحامض DNA : مادة الجينات - تجارب جريفث وأفري - تجارب هرشي وتشاس على الفيروسات - نموذج واتسون وكريك للحامض DNA - تضاعف الحامض DNA - إختبارات نموذج واتسون وكريك - تفاصيل النموذج - إصلاح الحامض DNA - حامض DNA الأصغر - الطفرات - مسببات الطفرة : الأشعاع - مسببات الطفرة : المواد الكيميائية - ملخص الباب - تمارين وسائل - المراجع .

٤٣٣ الباب الثالث عشر : التعبير عن الجينات

نظرية جين واحد - إنزيم واحد - أخطاء داخلية في الأيض - الهيموجلوبينات الشاذة - تخليق البروتين - أحماض الريبونوكليك في الخلية - النسخ - الترجمة - الشفرة - الطفرات - الجينات المتضادة المتعددة - تأكيد الشفرة - فعل الطراز الجيني الكلي - ملخص الباب - تمارين وسائل - المراجع .

٤٦٩ الباب الرابع عشر : ترتيب المعلومات الوراثية

قراءة الجينات : دراسة تتابع الحامض DNA - اندونوكليزات التقييد - تتابع الحامض DNA - الجينات المترابطة - إنتاج الجينات المتأثلة : DNA الهجين - الجينات المفصولة - الجينات الوثابة - التوقعات بالنسبة للهندسة الوراثية - استخدام بدائيات النواة لتخليق بروتينات حقيقيات النواة - الترانسكريبتيز العاكس - وضع جينات في حقيقيات النواة - ملخص الباب - تمارين وسائل - المراجع .

٥٥٥ الباب الخامس عشر : تنظيم التعبير عن الجينات

التغير في نشاط الجينات - التغير في حقيقيات النواة - الكروموسومات العملاقة والنشاط

المحتويات

التفاضلي للجنينات - ضوابط الترجمة - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

القسم الخامس : التكاثر والنشأة

الباب السادس عشر : التكاثر في النباتات ٥٢٩

تبادل الأجيال - المشاكل المطلوب حلها - الحزازيات - السرخسيات - عاريات البذور - كاسيات البذور - الزهرة وتلقيحها - البذرة - انتشار البذور : الثمرة - الانبات - التكاثر اللاجنسي في النباتات - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب السابع عشر : التكاثر في الحيوانات ٥٥٩

التكاثر اللاجنسي في الحيوانات - تكوين الجاميطات - جمع الجاميطات سويا - الإخصاب - الإعتناء بالصغار - التكاثر في الإنسان - أعضاء التناسل في الذكر - أعضاء التناسل في الأنثى - التزاوج والإخصاب - الحمل والولادة - هندسة التكاثر : آفاقها - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب الثامن عشر : النشأة المبكرة ٥٩٩

أطوار في نشأة الحيوان البالغ - الانشقاق (التفلق) - التشكل التركيبي (المورفولوجي) - التباين (التميز) - الدليل على أن الخلايا المتباينة (التميزة) تختوي على كل المجموع الجيني - محتويات الـ DNA من الخلايا المتباينة - محتويات الكروموسوم من الخلايا المتباينة - كروموسومات البوليين - انتكاس التباين في الخلايا النباتية - اختبار قدرة الانسوية على نشوء البرمجة - العوامل السيتوبلازمية التي تؤثر على التعبير الجيني أثناء التباين - العوامل الخارج خلوية التي تؤثر على التعبير الجيني أثناء التباين - انتكاس التباين - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب التاسع عشر : النشأة المتقدمة ٦٣٥

النمو - التجدد - السرطان - بيولوجية السرطان - السرطانات هي مجاميع من الخلايا المتماثلة - مالذي يسبب السرطان ؟ - السرطان يتطلب تغير وراثي - العوامل المسببة للسرطان - الشيخوخة : الحقائق - الشيخوخة : النظريات - الموت - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

القسم السادس : تنظيم البيئة الداخلية

الباب العشرون : التغذية الشاذة ٦٧٩

مقدمة - إحتياجات التغذية الشاذة - الهضم داخل الخلايا - الهضم خارج الخلايا - التغذية بالترشيح : بلع البحر - النشيطون في البحث عن الغذاء : النشاط ونحلة العسل - الجهاز الهضمي في الإنسان - البلع - المعدة - البنكرياس - الأمعاء الدقيقة - الكبد - الأمعاء الغليظة - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

٧٠٧ الباب الحادي والعشرون : تبادل الغازات في النباتات والحيوانات

تبادل الغازات في الكائنات البحرية - الماء في مقابل الهواء - تبادل الغازات في الجنفون والسيقان - تبادل الغازات في الورقة - تبادل الغازات في الحيوانات الأرضية - التنفس عن طريق القصبات الهوائية - المتفسون بالثرات - ميكانيكية التنفس في الانسان - مسار الهواء - التحكم في التنفس - الصحة وتلوث الهواء - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

٧٤٥ الباب الثاني والعشرون : انتقال المواد في النباتات الوعائية

الاهمية - الخشب - اللحاء - تركيب الجنفون - الساق الخشبية لنوات الفلفتين - الساق العشبية لنوات الفلفتين - ساق ذوات الفلقة الواحدة - عروق الورقة - انتقال الماء والأملاح المعدنية - المسار - مقدار الانسياب : التنح - العوامل المؤثرة على معدل التنح - نظريات انتقال الماء - الضغط الجنفوني - نظرية ديكونسون / جولي - دليل صحة النظرية - انتقال الغذاء - المسار - آلية انتقال الغذاء - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

٧٧٥ الباب الثالث والعشرون : الأجهزة الدورية في الحيوانات

آليات النقل البسيطة - جهاز مغلق : دودة الأرض - جهاز مفتوح : النطاط - الاسكريد - مضخة واحدة : السمك - ثلاث غرف : الضفدعة والسحلية - أربع غرف : الطيور والشديدات - مسار الدورة في الانسان - القلب - الأوعية الدموية الجهازية - الشعيرات الدموية - رجوع الدم الى القلب - مكونات الدم - خلايا الدم - الخلايا الدموية الحمراء - الخلايا الدموية البيضاء - الصفائح - البلازما - وظائف الدم - نقل الأوكسجين - نقل ثاني اكسيد الكربون - التبادل بين الدم والخلايا - الجهاز الليمفاوي - التحكم في الدورة - القلب - التحكم المساعد للقلب - التحكم السطحي للدورة - نقل الحرارة - تحلل الدم - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

٨٢٩ الباب الرابع والعشرون : الجهاز المناعي

مقدمة - المناعة المتسببة عن وسيط خلوي - المناعة عن طريق السائل الجسمي - تركيب الجهاز المناعي - تركيب الأجسام المضادة - التفاعل بين الأجسام المضادة والأجسام الغريبة (الانتيجينات) - الأجسام الغريبة (الانتيجينات) - كيف تظهر الأجسام المضادة - الاستجابة الثانوية - الأساس الوراثي لتنوع الأجسام المضادة - زراعة الأنسجة ونصوصية الفرد - السرطان والحد من تكاثره المناعي - أمراض الحساسية - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب الخامس والعشرون : الاخراج والحفاظ على مكونات وخواص السائل الخلوي الزائد

٨٧١

الاجراج في النباتات - الاجراج في الأميا - الاجراج في اللاقاريات - الاجراج في الانسان - تركيب كلية الانسان - تكوين البول - تحكم الكلية - ميكانيكية الاستبعاد - مرض الكلية - الفضلات النتروجينية للانسان - الاجراج في الفقاريات الأخرى - الفقاريات المائية - الفقاريات الأرضية - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الجزء الثاني

القسم السابع : الاحساس والتناسق

الباب السادس والعشرون : الاستجابة والتناسق في النباتات

٩٢٣

أهمية الاتصال الداخلي - حركات النمو - آلية الانتحاء الضوئي - إكتشاف وجور الأوكسين - نشاطات أخرى للأوكسين - كيف تعمل الأوكسينات ؟ - الجيريللمينات - السيتوكينينات - حامض الأبسيسيك (ا ب ا) - الايثيلين - عملية الأزهار - العوامل البادئة للازهار - آلية التوقيت الضوئي - إكتشاف الفيتوكروم - نشاطات أخرى للفيتوكروم - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب السابع والعشرون : الغدد الصماء في الحيوانات

٩٥٧

مقدمة - هرمونات الحشرات - هرمونات الحشرات ومكافحة الآفات - طرق البحث في علم الغدد الصماء - الغدد الصماء في الإنسان - الغدة الدرقية - الغدة الجاردرقية - الجلد - المعدة والأمعاء - جزر لانجرهانز - الغدة النخامية - الفص الأمامي - الفص الخلفي - الغدة التيموسية (المهيونالاماس) - الغدد فوق كلوية (غدد الأدرينالين) - نخاع الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين) - البراعم التناسلية : الخصي - المبايض - المشيمة - الغدة الصنوبرية - الكلية - الهرمونات وتوازن وظائف سوائل الجسم (الميموستازس) - ميكانيكية عمل الهرمونات - الفيرومونات - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب الثامن والعشرون : عناصر التوافق العصبي

١٠٠٣

المكونات الثلاثة للتوافق العصبي - القوس المنعكس - الحلية العصبية - النبض العصبي - نهاية العصب المستقبلات الميكانيكية - اللمس والضغط - السمع - التوازن - المستقبلات الضوئية - العين المركبة - تركيب عين الانسان - إكتشاف الضوء - المستقبلات الحرارية - المستقبلات الكيميائية - الذوق - الشم - المستقبلات الكيميائية الداخلية - المستقبلات المغناطيسية والمستقبلات الكهربائية - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

الباب التاسع والعشرون : الجهاز العصبي ١٠٥٧

الجهاز العصبي المركزي - الحبل الشوكي - المخ - المخ الخلفي - المخ الأوسط - المخ الأمامي - تحليل المعلومات البصرية - الجهاز العصبي السطحي - الجهاز الحسي / الجسمي - الجهاز العصبي الذاتي - الجهاز العصبي السيمثاوي - الجهاز العصبي الباراسيمثاوي - العقاقير والجهاز العصبي (١) العقاقير المنبهة (٢) العقاقير المهدئة (٣) عقاقير المهلوسة - البيبتيدات المشابهة للمستحضرات الأفيونية في المخ - ملخص الباب - تمارين ومسابقات - المراجع .

الباب الثلاثون : العضلات والمؤثرات الأخرى ١٠٩٧

أنواع العضلات - تركيب وتنظيم العضل الهيكل - تنشيط العضل الهيكل - فسيولوجية كل العضل - اللبنة العضلية - التركيب الكيميائي للعضل الهيكل - نظرية الحيط المتزلق - ربط الإثارة بالانكماش - كيميائية الانكماش العضلي - عضلة القلب - العضلة اللسواء - مؤثرات أخرى : الأهداب والأمشاط - أعضاء أحداث الكهرباء - الكروماتوفورات - أعضاء التآلق - ملخص الباب - تمارين ومسابقات - المراجع .

الباب الحادي والثلاثون : عناصر السلوك ١١٣٧

ماهو السلوك - السلوك الغريزي - السلوك في النباتات - التكليف - ردود الفعل - الغرائز - مطلق السلوك الغريزي - السلوك المنظم والساعات البيولوجية - دورة حياة نحلة العسل - عمل الخلية - أدوات نحلة العسل - الاتصال بين نحل العسل - السلوك التعليمي - التطبيع - التعود - الاستجابة المشروطة - الجهازى (التكيف) - الحافظ - المبادئ - اللغة - الذاكرة - الأهمية التأقلمية للسلوك - سلوك التغذية - السلوك الدفاعي - البقاء في البيئة الطبيعية - سلوك التكاثر - ملخص الباب - تمارين ومسابقات - المراجع .

القسم الثامن : التطور

الباب الثاني والثلاثون : بدائيات النواة (ملكة مونيرا) ١١٩٥

طبيعة بدائيات النواة - الخلية البكتيرية - تصنيف البكتيريا - بكتيريا البناء الضوئي - البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية - البكتيريا العنصرية الموجبة لصبغة جرام - البكتيريا الكروية الموجبة لصبغة جرام - البكتيريا العنصرية السالبة لصبغة جرام - البكتيريا الكروية السالبة لصبغة جرام - البكتيريا الحلزونية - البكتيريا الشعاعية وأقاربهم - السبيريكتات - الميكوبلازما - الريكتسيات والكلاميديات - البكتيريا الزاحفة - الطحالب الخضراء المزرققة (شعبة الطحالب الزرقاء) - الطحالب الخضراء البدائية - البكتيريا القديمة - الفيروسات - ملخص الباب - تمارين ومسابقات - المراجع .

الباب الثالث والثلاثون : البروتيسا والفطريات ١٢٣٥

مملكة البروتيسا - المميزات - تطور حقيقيات النواة - جذرية القدم : (شعبة اللحيمات) - السوطيات : (شعبة السوطيات) - الهدبيات : (شعبة الهدبيات) - الحيوانات الجرثومية (أو البوغية) : (شعبة الحيوانات الجرثومية) - الطحالب حقيقية النواة - الطحالب الحمراء : (شعبة الطحالب الحمراء) - الطحالب السوطية : (شعبة الطحالب السوطية) - الطحالب اليوجلينية : (شعبة الطحالب اليوجلينية) - الطحالب الخضراء : (شعبة الطحالب الخضراء) - الطحالب الذهبية : (شعبة الطحالب الذهبية) - الطحالب البنية : (شعبة الطحالب البنية) - الفطريات الهلامية : (شعبة الطحالب الهلامية) - مملكة الفطريات - المميزات - شعبة الفطريات الطحلبية - شعبة الفطريات الزقية - شعبة الفطريات البازيدية - الفطريات الناقصة : (شعبة الفطريات الناقصة) - الأشن - ملخص الباب - نماذج ومسائل - المراجع .

الباب الرابع والثلاثون : المملكة النباتية ١٢٧١

الحقبة الجيولوجية - تطور النباتات - الخزازيات القائمة والمنطحة : (شعبة الخزازيات) - النباتات الوعائية : (شعبة النباتات الوعائية) - تحت شعبة السيلوسيدا، تحت شعبة لايكوسيدا، تحت شعبة سفينوسيفا، تحت شعبة تريوسيفا - الأقملة في كاسيات البذور - ملخص الباب - نماذج ومسائل - المراجع .

الباب الخامس والثلاثون : اللافقاريات ١٢٩٩

مقدمة - الأسفنجيات : (شعبة البوليغرا) - الكندياريات : (شعبة الكندياريا) - الديدان المفلطحة : (شعبة الديدان المفلطحة) - منشأ الحيوانات - الديدان المستديرة : (شعبة النياتودا) - الديدان الحلقية : (شعبة الديدان الحلقية) - الرخويات : (شعبة الرخويات) - مفصليات الأرجل : (شعبة مفصليات الأرجل) - شعبة الأنيكوفورا - شوكيات الجلد : (شعبة شوكيات الجلد) - الحلييات : (شعبة الحلييات)، تحت شعبة الراسحليات : تحت شعبة التونيكتاتا (يوركورداتا) - ديتروستوميا، يروتوستوميا - ملخص الباب - نماذج ومسائل - المراجع .

الباب السادس والثلاثون : الفقاريات ١٣٣٧

الأسماك عديمة الفكوك (طائفة أجنائا) - البلاكودرميات - الأسماك الغضروفية (طائفة كوندر يكتيز) - الأسماك العظمية (طائفة أوستاكتيز) - البرمائيات (طائفة أمفibia) - الزواحف (طائفة ريتيليا) - البلييكوساورات السلاحف (رتبة كيلونيا) - البليوسورز، إكتيوسورز - الدياسيدات - الطيور (طائفة إيفز) - الانحراف القاري - الثدييات (طائفة ماماليا) - تطور الانسان (هومومانيتر) - ملخص الباب - نماذج ومسائل - المراجع .

القسم التاسع : علم البيئة الدراسة الاحيائية للعشائر وبيئتها

١٣٧٧ الباب السابع والثلاثون : سريان الطاقة من المجال الحيوي

ادخال الطاقة - إنتاجية النظام البيئي - السلاسل الغذائية - سريان الطاقة في سلاسل الغذاء - التكوينات الاحيائية - الحريق - تعاقب النباتات - النظم البيئية في المياه العذبة - النظم البيئية البحرية - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

١٤١٧ الباب الثامن والثلاثون : دورات المادة في المجال الاحيائي

دورة الكربون - دورة الأوكسجين - دورة النتروجين - دورة الكبريت - دورة الفسفور - متطلبات معدنية أخرى - الطرق التحليلية - الماء والمجال الاحيائي - خواص الماء - دورة الماء - التربة - احتيالات زيادة الأراضي الزراعية في العالم - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

١٤٥٣ الباب التاسع والثلاثون : نمو العشائر (أو الزيادة السكانية)

العشيرة البشرية - أسس نمو العشائر - العوامل غير المعتمدة على الكثافة لكبح الزيادة السكانية - العوامل المعتمدة على الكثافة لكبح الزيادة السكانية - التنافس على الغذاء - التنافس التكاثري - الهجرة - الافتراس والتطفل - طاقة تحمل البيئة - استراتيجيات واستراتيجيات ك - في الحتمام - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

١٤٧٩ الباب الأربعون : التداخل بين الأنواع

مقدمة - الافتراس - التخفي (التلون) - الدفاع - المحاكاة - السلوك الجاهلي - الاستجابات للهروب - التطفل - المعيشة المشتركة - تبادل المنفعة - تثبيت النتروجين التكافلي - التنافس بين الأنواع - كم عدد الأنواع التي يمكنها أن تعيش مع بعضها البعض في منطقة واحدة - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

١٥١٩ الباب الحادي والأربعون : بيئة الانسان (١) الوياء

الوفاة : المجاعة ، الحرب ، الوياء - التطفل : غزو المائل - مقاومة المائل للطفيليات - التدخل في نقل الطفيليات - طفيليات الانسان المعتمدة على الكثافة - العلاج الكيميائي - المضادات الحيوية - المناعة السلبية - إجراءات الصحة العامة : احتيالاتها المتوقعة - ملخص الباب - تمارين ومسائل - المراجع .

١٥٤٧ الباب الثاني الأربعون : بيئة الانسان (٢) التنافس على الغذاء

قدرة البيئة على التحمل - مخاطر زراعة للمحصول الواحد - العمليات المبكرة في مجال مكافحة الآفات - الد . د . د . ت . للمبيدات العضوية الفوسفورية والكارباماتية - مبيدات

الجيل الثالث - المكافحات الحيوية - تربية أنواع مقاومة - اتجاهات أخرى لمكافحة
الآفات - طريقة تعقيم الذكور - ماذا يحمل لنا المستقبل ؟ - ملخص الباب - تمارين
ومسائل - المراجع.

١٥٧٧ النظام الدولي للوحدات

١٥٧٩ قائمة المصطلحات مرتبة حسب الأبجدية العربية

١٦٢٥ قائمة للمصطلحات مرتبة حسب الأبجدية الإنجليزية

تقديم

PREFACE

تم إعداد هذه الطبعة الخامسة من كتاب الأحياء لنفس أهداف الطبعة السابقة. وتظل الموضوعات مرتبة تبعاً لخطوط وظيفية أي أن النواحي المختلفة لعلم الأحياء تدرس من وجهة نظر الميزات والمشاكل التي تشترك فيها كل الكائنات الحية وهذه تتراوح بين التنظيم الجزيئي والخلوي إلى الوراثة وطرق التكاثر والأبيض والاحساس والتطور ، واني لأمل من وراء هذا الترتيب أن ينقل إلى القارئ فكرة أفضل عن توحيد الصور المتباينة للحياة ، وبالإضافة إلى ذلك فقد أعيد تنظيم بعض الأبواب حتى تكون أكثر توافقاً مع الخط التنظيمي العام وعلى ذلك فقد إنضمت كل المعلومات عن حياة الخلية (الجزءان الثاني والثالث) وكل الأبواب التي تتناول وظائف الأعضاء (الأجزاء الخامس والسادس والسابع) مع بعضها . وحينما بدأت إعداد هذه الطبعة الجديدة كانت أمامي عدة أهداف أحدها بالطبع هو تحديث مادة الكتاب في المجالات التي تتطور بسرعة . ولذا فإن القارئ سوف يجد باباً جديداً عن تنظيم المعلومات الوراثية (كيف تتجمع المورثات وكيف تتم «قراءتها» - الجينات المترابطة والمفصلة والمنقولة وطرق تهجين الحامض النووي (DNA) . هناك قسمان جديداً عن بيولوجيا السرطان كما نقحت بتوسع علم المناعة (بما في ذلك تولد التباين في الاجسام المضادة) وفسولوجي الأعصاب للمخ البشري (بما في ذلك مناقشة البيبتيدات شبه الأوبيات) وأصل الحياة . أما الموضوعات الأخرى التي تظهر لأول مرة في صورته متفحة فهي تشمل : الحامض DNA الأعسر (Z) وتضاعف الحامض DNA الشفرة الوراثية الخاصة بالميتوكوندريا والاوزموزية الكيميائية - الخيوط الوسطية في الخلايا - الانتشار المساعد - التنظيم الحراري في الفقاريات - التوجه المغناطيسي في البكتريا والفقاريات - والأهمية التأقلمية للسلوك - البكتريا

القديمية - الطحالب الخضراء الأولية - النظم البيئية في المياه العذبة وفي البحار - الطرق المعتمدة وغير المعتمدة على الكثافة للحد من نمو العشائر - الجغرافية الحيوية للجزر - وتطور الانسان.

ولعل أهم التغيرات التي طرأت على هذه الطبعة هي إدخال العديد من الصور الملونة في أجزاء كثيرة من الكتاب. كما أن عدداً من صور الأبيض والأسود جديده ويظهر كذلك ٦٧ رسماً وشكلاً جديداً لأول مرة. كما أعيد رسم أشكال عديدة ليس فقط لتكون وسائل إيضاح فعاله وإنما لكي تسر الناظرين أيضاً.

والتقدم السريع الذي يحدث في علوم الأحياء يجعل هناك المزيد والمزيد كل عام مما نود أن نقوله للطلاب ولكن من عيوب ذلك أن كتب علم الأحياء تزداد كثيراً في الحجم حتى أن بعضها يصل الى أحجام عملاقة. ومع كل ما كنت أرغب في إضافته فقد كان من العسير أن أحافظ على حجم معقول لهذه الطبعة ومع ذلك فقد إختصرت أو الغيت بعض الموضوعات تماماً لإفساح المجال لموضوعات أخرى. علماً بأنني تلقيت رجاء واحد على الأقل ممن راجعوا الكتاب لإعاده كل واحد من الموضوعات التي حذفتم. لذا فأني آمل الا يكون أحد موضوعاتكم المفضلة قد إختفى فاذا كان ذلك قد حدث فانكم ربما توافقوني على أن الموضوعات التي حلت محلها درجة أعلى من الأولويه.

تميل كتب علم الأحياء المبدئية إلى أن تكون مجرد تجميع لبعض الإستنتاجات وبالنسبة لكثير من الطلاب فإن ذلك يعد وضعاً مناسباً: فهم يفضلون أن يعرفوا الإجابات دون أن يشغلوا أنفسهم بالوسائل التي أدت إلى التوصل إليها وبما يكتنفها من الرية. كما أنها أيضاً الطريقة الوحيدة لكي يكون حجم الكتاب الذي يغطي كل مجالات هذا العلم معقولاً. ولكن ذلك ليس علماً جيداً، فالمساعي العلمية لها بعض خصائص القصص البوليسية من حيث جمع الأدلة وسبر أغوار الاحتمالات المختلفة. ولقد حاولت في كل هذه الطبعة أن أركز على المشاهدات والتجارب التي تشكل الأساس بالنسبة لمفهومنا لعلم الأحياء أو أقدم إفتراضات بديلة إذا كانت الأدلة ضعيفة أو متناقضة. لقد كتبت باباً خاصاً في هذه الطبعة عن الطرق العلمية. وقد حاولت أن أبين كيف يصمم العلماء التجارب بإستخدام مثال من دراسة مشكلة حيوية معينة (في الحساسية) وكيف يتم تقييم التجارب وتوصيل النتائج للآخرين.

إننى مدين للكثيرين على ما قدموا من مساعدات اثناء إعداد هذه الطبعة : لكل العلماء الذين أمدوني بالصور وصور المجهر الاليكتروني والذين تظهر أسماؤهم قرين الأشكال المستمدة من عملهم . وكذلك لتلاميذتى في قسم الأحياء بجامعة تفتس والذين كانوا بمثابة حيوانات تجارب إختبرت فيها الموضوعات الجديدة . وسارا بينيت (مركز الأبحاث الحقلية - بلمونت - ولاية ماساشوستس) ، مايكل كولنز (جامعة ميموريال في نيوفوندلاند) - دوريس هيلمز (جامعة كليمزون) - توماس ل. كوبنهير (جامعة ترينيتى) - جون س. نيس (جامعة ويسكونسن - ماديسون) - وجوزيف م. وود (جامعه ميسورى - كولومبيا) وكل منهم قد راجع جزءاً كبيراً من الكتاب و أبدى العديد من الاقتراحات القيمة . وأنا مدين كذلك لروبرت دانو الذي لم يبق فقط يرسم العديد من الرسوم والأشكال الجديدة بل أعاد أيضاً رسم الكثير من الأشكال المأخوذة من الطبقات السابقة وكذلك أشكر كل العاملين في أديسون - ويزلي لمجهوداتهم الشاقة في كل مراحل إعداد الكتاب .

أملى كبير في أن تلى هذه الطبعة احتياجات من يختارها من المدرسين وأن ترقى إلى مستوى توقعاتهم وكذلك (وخاصة) بالنسبة للطلاب الذين يقرؤها . وأرجو أن أتلقى أى تصويبات أو مقترحات يمكن ان تسهم في تحسينها .

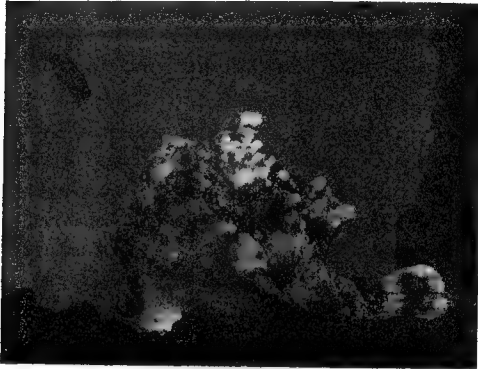
ج. و. ك.

أندوفر - ماساشوستس

ديسمبر ١٩٨٦

الاحساس والتناسق

RESPONSIVENESS AND COORDINATION



سمكة الملاك تجذب الفريسة عن طريق مسح الماء بالزعنفة الظهرية الأولى المتحركة والتي تشبه سمكة صغيرة (عن ت. و. بيتش، د. ب. جرويك، ساينس، ٢٠١ : ٣٦٩، ١٩٧٨. حقوق الطبع محفوظة للمجموعة الأمريكية لتقديم المعلوم).

CHAPTER 26

الباب السادس والعشرون

الاستجابة والتناسق في النباتات

RESPONSIVENESS AND COORDINATION IN PLANTS

IMPORTANCE OF INTERNAL COMMUNICATION	١-٢٦ . أهمية الاتصال الداخلي
GROWTH MOVEMENTS	٢-٢٦ . حركات النمو
THE MECHANISM OF PHOTOTROPISM	٣-٢٦ . آلية الانحناء الضوئي
THE DISCOVERY AND ROLE OF AUXIN	٤-٢٦ . إكتشاف ودور الأوكسين
OTHER AUXIN ACTIVITIES	٥-٢٦ . نشاطات أخرى للأوكسين
HOW DO AUXINS WORK ?	٦-٢٦ . كيف تعمل الأوكسينات ؟
THE GIBBERELLINS	٧-٢٦ . الجبيريلينات
THE CYTOKININS	٨-٢٦ . السيتوكينينات
ABSCISIC ACID (A B C)	٩-٢٦ . حامض الأبسيسيك (ا ب ا)
ETHYLENE	١٠-٢٦ . الايثيلين
THE FLOWERING PROCESS	عملية الازهار
FACTORS THAT INITIAE FLOWERING	١١-٢٦ . العوامل البادئة للازهار
THE MECHANISM OF PHOTOPERIODISM	١٢-٢٦ . آلية التوقيت الضوئي
THE DISCOVERY OF PHYTOCHROME	١٣-٢٦ . إكتشاف الفيتوكروم
OTHER PHYTOCHROME ACTIVITIES	١٤-٢٦ . نشاطات أخرى للفيتوكروم

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

REFERENCES

المراجع

الباب السادس والعشرون

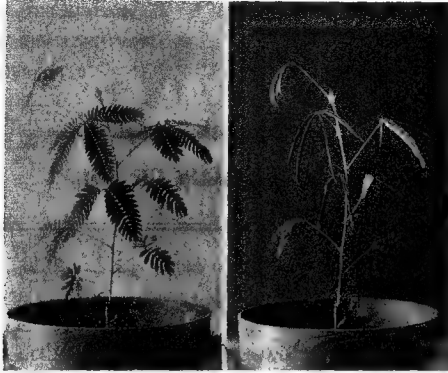
الاستجابة والتناسق في النباتات

إحدى أهم الصفات المميزة للكائنات الحية، في مقابل الجهادات، هي أن الكائنات الحية قادرة على الاستجابة بنشاط لتغيرات معينة في البيئة. هذه التغيرات البيئية تعمل كمنبهات Stimuli تحفز إستجابة معينة من جانب الكائن الحي. عند إظلام الجو حول النبات الحساس ست الحسن *Mimosa pudica* فإن الوريقات على جانبي العرق الوسطى تنطبق على بعضها (الشكل ٢٦-١). وعند سقوط الضوء على النبات مرة أخرى فإن الوريقات تنتشر وتعود إلى وضعها السابق. النبة هنا هو وجود أو غياب الاضاءة والاستجابة هي حركة الوريقات.

٢٦-١. أهمية الاتصال الداخلي

IMPORTANCE OF INTERNAL COMMUNICATION

تتطلب الاستجابة في الكائنات عديدة الخلايا تناسق ملائم بين الأجزاء. والقليل من ردود الفعل يمكن تحقيقها بنجاح إذا إستجابت كل خلية من خلايا الكائن للمنبة بنفس الطريقة. ولكي يمكنك أن تجري فإنه لا بد أن تنقبض لديك بعض الألياف العضلية بينما تنبسط ألياف أخرى. ولا بد أن يمدك الكبد بوقود إضافي للعضلات. ولا بد للرئتين أن تمدانك بكميات زائدة من الاوكسجين وأن تسحب كميات زائدة من ثاني أوكسيد الكربون. بعبارة أخرى، فإنه من أجل أن يستجيب جسمك كله لمنبه معين فإن أجهزته وأعضائه وأنسجته وخلاياه لا بد أن تستجيب بطرق متنوعة خاصة. أضف إلى ذلك، أن إستجابة الأجزاء المختلفة من جسمك لا بد أن تتوافق بعناية مع



الشكل ٢٦-١. النبات الحساس ميموزا بوديكا. الظلام واللمس والحرارة وبعض الكيماويات تجعل الوريفات تنطبق على أنفسها (الصورة اليمنى).

إستجابة كل الأجزاء الأخرى. هذه القابلية للخلايا والأنسجة والأعضاء و الأجهزة المفردة للأستجابة التوافقية لنشاطات الأجزاء الأخرى تتطلب شكل من أشكال الإتصال فيما بينها.

هناك نوعان مختلفان ، ولكن مرتبطان ، من الإتصال الداخلى في الحيوانات. أحد هذين النوعين وهو الجهاز العصبي nervous system يعمل بسرعة فائقة. خلايا متخصصة، هي الخلايا العصبية neurons ، تنقل النبضات الكهروكيميائية من أحد أجزاء الجسم إلى الآخر. هذه النبضات تحقق الإتصال السريع والموضعى بين الأجزاء. لهذه النبضات عمر قصير وهي منفصلة تماما عن بعضها البعض. وعلى ذلك تكون الاستجابات العصبية عادة قصيرة، متقطعة، ولا تستمر لفترات زمنية طويلة إلا إذا استمر المنبه.

جهاز الإتصال الثاني، وهو جهاز الغدد الصماء endocrine system عادة ما يكون

أبطأ في عمله . غدد متخصصة، هي الغدد الصماء، تفرز هرمونات hormones في تيار الدم أو السوائل الدورية الأخرى. الهرمونات هي مواد كيميائية يحملها الجهاز الدورى إلى كل خلية من خلايا الجسم . أحيانا يستجيب عدد قليل من الخلايا لوجود هذه الهرمونات و أحيانا يستجيب لها عدد كبير من الخلايا . عادة تحدث الاستجابة على هيئة تغير في النشاط الأيضى للخلية أو النسيج أو العضو المستهدف . وقد تستمر هذه التغيرات لفترات زمنية طويلة .

تختلف النباتات عن الحيوانات في عدم وجود جهاز عصبي بها لذلك فإن ردود الفعل السريعة الموضعية تكاد تكون غير معروفة في المملكة النباتية . قلة من النباتات مع ذلك توجد بها حركات سريعة . عند لدغ وريقات نبات ست الحسن فانها تنطبق على نفسها . هذا التغير يحدث كنتيجة للفقد المفاجيء للامتلاء في كتلة خاصة من الخلايا البرانشيمية عند قاعدة كل ورقة . إذا لدغ المرء الوريقات الطرفية فقط فإن الوريقات تنطبق على بعضها في أزواج ابتداء من القمة ومتجهة نحو القاعدة . من المؤكد أنها تبدو كما أن هناك منبه يمر في الورقة من أعلى إلى أسفل . وربما كان هذا المنبه مركب كيميائي يسرى خلال الحزم الوعائية . وعلى الرغم من عدم وجود أعصاب إلا أن هناك دليل على سريان نبضات كهربية محددة خلال الورقة .

في معظم الأحيان تحقق النباتات الاستجابة والتناسق بواسطة جهاز من أدوات التنسيق الكيميائية، وهي الهرمونات النباتية . لا تزال معارفنا عن طبيعة وتداخل المنظمات النباتية المختلفة غير متكاملة . في هذا الباب سوف ندرس بعضا مما توصلت إليه التجارب وبعض النظريات الشائعة حول آليات التناسق في النباتات .

GROWTH MOVEMENTS

٢٦-٢ . حركات النمو

فيما عدا الحركات الناشئة عن الامتلاء، فإن النباتات تستجيب للتغيرات البيئية بالنمو. ومن الطبيعي أن يستغرق هذا النوع من الاستجابة فترة زمنية أطول مما تحتاج إليها الاستجابة الناشئة عن الامتلاء أو إستجابة الجهاز العصبي في الحيوانات . قد تشمل إستجابة النمو على نمو أحد أجزاء النبات أسرع من جزء آخر . مثل هذه الاستجابة تؤدي إلى حركة محددة وإن كانت بطيئة نسبيا . هناك نوعان من حركات النمو

في النباتات كاستجابة للمنبهات الخارجية.

NASTIC MOVEMENTS

١- الحركات الناستية

الحركة الناستية هي إستجابة لا تعتمد على إتجاه سقوط المنبه الخارجي على الكائن . تفتح أزهار معينة بعد شروق الشمس هو مثال للحركات الناستية . فالأضواء من أي إتجاه سوف تحفز الاستجابة ، والاستجابة غير موجهة في إتجاه المنبه . على الرغم من أن معظم الحركات الناستية تشمل على نمو تفاضلي ، أي نمو أسرع في أجزاء معينة عنه في أجزاء أخرى ، فإن بعضها - مثل إستجابة وريقات نبات ست الحسن - تكون حركات ناشئة عن الامتلاء .

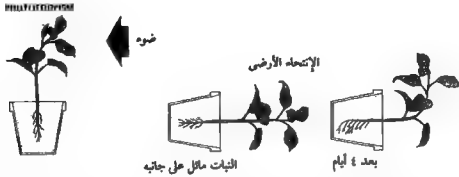
TROPISMS

٢- الانتحاءات

الانتحاء هو حركة نمو تعتمد في إتجاهها على الانتحاء الذي يسقط منه المنبه على النبات . إذا نما الجزء النباتي في نفس الاتجاه الذي نشأ منه المنبه فإن الانتحاء يعتبر موجبا . النمو في الاتجاه المضاد يشكل إنتحاء سالب .

معروف منذ سنوات عديدة أن النباتات تستجيب لمنبه الضوء ومنبه الجاذبية الأرضية . الاستجابة الأولى تسمى الانتحاء الضوئي Phototropism والثانية تسمى الانتحاء الأرضي Geotropism . السوق لها إنتحاء ضوئي موجب فهي تنمو في إتجاه الضوء . الجذور لها إنتحاء أرضي موجب بينما يكون للسوق إنتحاء أرضي سالب (٢٦-٢٧) . تبدو قيمة هذه الإستجابات بالنسبة للنبات واضحة . فالجذور التي تنمو لأسفل و/أو بعيدا عن الضوء تجد طريقها إلى التربة والماء والمعادن . أما السوق التي تنمو لأعلى أو نحو الضوء ستكون قادرة على تعريض أوراقها للضوء حتى يمكن أن يحدث البناء الضوئي .

بالإضافة إلى حركات النمو ، فنحن نعرف أن الكثير من التغيرات التكوينية developmental في النباتات تحدث كاستجابة لمنبهات بيئية . إنبات البذور ، واستئناف نمو النباتات المعمرة في الربيع ، وتكوين الأزهار كلها تحدث كنتيجة لحوافز بيئية . المشكلة المتعلقة بفهم كيفية إستجابة النباتات للتغيرات البيئية هي مشكلة ذات شقين . أولا لا بد أن نكتشف كيف يعيز النبات المنبه الخاص . ثانيا لا بد أن نكتشف كيف



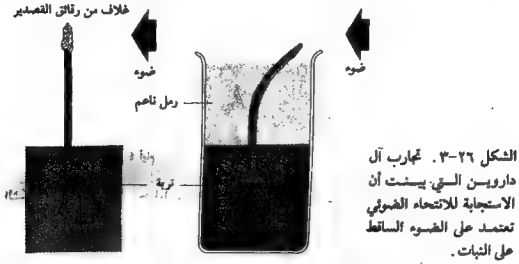
الشكل ٢٦-٢. الانتحاءات. اتجاه نمو النبات يتأثر بالضوء (الانتحاء الضوئي) وبالجاذبية الأرضية (الانتحاء الأرضي).

تناسق الأنسجة المختلفة في النبات عند القيام بالاستجابة.

٢٦-٣. آلية الانتحاء الضوئي THE MECHANISM OF PHOTOTROPISM

جاءت أول مفاتيح لفهم آليات التناسق في النباتات من خلال دراسة قام بها تشارلز داروين وابنه فرانسيس في عام ١٨٨٠. فقد إكتشفوا أنه عند إزالة القمة من ساق نامي فإن الساق يتوقف عن الانتحاء الضوئي. لقد كان ذلك مثيرا للدهشة خاصة على ضوء اكتشافهما الثاني: أن الانحناء في ساق النبات يحدث في المنطقة التي تقع خلف القمة. لقد وجدوا أنه عند وضع غطاء معتم على قمة النبات فإن الانتحاء الضوئي لا يحدث على الرغم من أن بقية الساق يسقط عليها الضوء من جانب واحد. من ناحية أخرى، عندما دفنوا النبات في رمل ناعم أسود بحيث كانت القمة فقط مكشوفة لم يحدث تعطيل للانتحاء الضوئي. وعندما أضيئت القمة من جانب واحد فإن الساق المدفون إنتحى بسرعة في إتجاه الضوء (الشكل ٢٦-٣). بدا واضحا تماما من هذه التجارب أن المنبه (الضوء) يتم إكتشافه عند مكان واحد (القمة) وأن الاستجابة (الانحناء) تحدث في مكان آخر (منطقة الاستطالة). وهذا يعني أن القمة كانت على إ اتصال بطريقة ما مع منطقة الاستطالة.

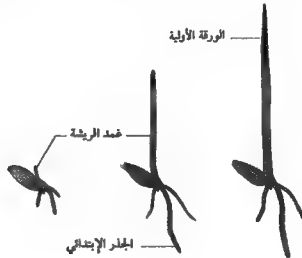
لقد قام آل داروين بتأكيد هذه النتائج باستخدام عدة أنواع نباتية أخرى. ووجدوا أن بادرات النجيليات كانت سهلة بصفة خاصة لمثل هذا النوع من التجارب. فعند إنبات بذور النجيليات فإن الورقة الأولية تخترق أغلفة البذور وطبقات التربة. وعندما تفعل ذلك فإن تركيبها أسطوانيا أجوف، وهو غمد الريشة Coleoptile،



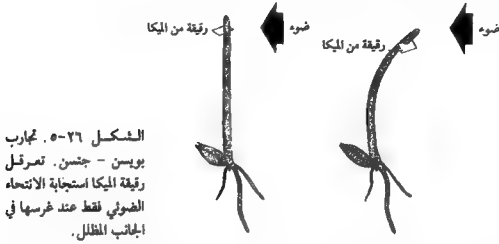
يحميها من التهتك (الشكل ٢٦-٤). وبمجرد أن تكبر البادرة وتظهر فوق سطح الأرض يتوقف نمو غمد الريشة وتتحرق الورقة الأولية.

لقد وجد آل داروين أن قمة غمد الريشة ضرورية للاتحاء الضوئي في بادرات النجيليات تماما كما تكون قمة الساق ضرورية بالنسبة للبادرات الأكبر عمرا أو في ذوات الفلقين مثل البقوليات. كذلك وجدوا أن الانحناء الفعلي لغمد الريشة يحدث في المنطقة التي تقع أسفل القمة لذلك يبدو أن نظام للاتصال موجود هنا كذلك.

في عام ١٩١٣ أوضح العالم الدانماركي بولسن - جنسين أن هذا الاتصال لابد أن يتم بواسطة مادة كيميائية تسري من قمة غمد الريشة إلى أسفل. فقد أزال قمة غمد



الشكل ٢٦-٤. مراحل انبات بادرة الشوفان.



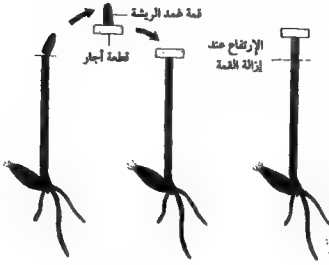
الريشة ووضع مكانها قطعة من الجيلتين ثم أعاد القمة إلى مكانها. وبقي الانتحاء الضوئي يحدث بنجاح. ومع ذلك فقد منعت قطعة من مادة غير منفذة، مثل الميكا mica. حدوث إستجابة الانتحاء الضوئي. ومن المثير للاهتمام أن هذا المنع يحدث فقط حينما تفصل شريحة الميكا القمة عن الجذع في الجانب الظليل من النبات. عند عمل قطع أفقى في الجانب المضاء من النبات وغرس شريحة الميكا فيه فإنه لا يحدث منع للانتحاء الضوئي. وقد أوضح ذلك أن المنسق الكيميائي يسرى إلى أسفل في الجزء المعتم فقط من البادرة. كما أوضح أن هذا المنسق الكيميائي كان منشطاً للنمو، حيث أن استجابة الإنتحاء الضوئي تشتمل على إستطالة أسرع للخلايا في الجانب المعتم عنها في الجانب المضىء (الشكل ٢٦-٥).

THE DISCOVERY AND ROLE OF AUXIN

٢٦-٤. اكتشاف ودور الأوكسين

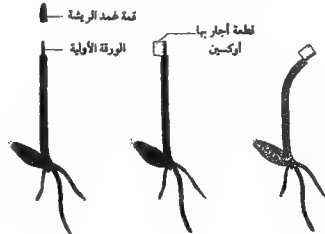
كان أول من عزل هذا المنشط للنمو هو ف. و. ونت. فقد فصل القمم من عدة أغمار ريشة لنبات الشوفان *Avena sativa*، وهو نبات نجيلي، ووضع هذه القمم على قطعة من الأجار وتركها لعدة ساعات. عند نهاية هذه الفترة، كان بإمكان قطعة الأجار إحداث إستئناف للنمو في غمد ريشة نزعته قمته (الشكل ٢٦-٦).

كان النمو رأسياً لأن قطعة الأجار وضعت على كل عرض جذع غمد الريشة ولم يصل الضوء إلى النبات من أحد الجوانب. وقد بينت هذه التجربة أن هذا المنشط الكيميائي للنمو قد انتشر من القمم إلى قطعة الأجار. وقد سميت هذه المادة بالأوكسين AUXIN.

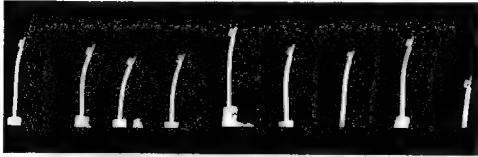


الشكل ٢٦-٦: تجربة ونت
يبين أن المنبه الكيميائي
للنمو - الأوكسين يمكن
استخلاصه من قمم أغصان
الريشة ويظل محتفظا
بقايلته. ينبغي وضع عدة
قمم على قطعة الأجار
للحصول على استجابة
جيدة.

من سوء الحظ، أن كمية هذا المشط في قمم أغصان الريشة كانت أقل بكثير من أن
تُعزل كيميائيا. لذلك جرى البحث عن مصادر أخرى للأوكسين. في هذا البحث،
كانت الطريقة التي ابتكرها ونت لتحديد الكمية النسبية لنشاط الأوكسين في أي عينة
عونا كبيرا للباحثين. توضع العينة داخل قطعة من الأجار ثم توضع قطعة الأجار على
أحد جوانب غمد الريشة منزوع القمة (الشكل ٢٦-٧). كلما إنتشر الأوكسين إلى
جانب الريشة فإنه ينشط إستطالة الخلايا ويتحى غمد الريشة بعيدا عن قطعة الأجار.
تناسب درجة الانحناء التي تقاس بعد $\frac{1}{4}$ ساعة مع كمية نشاط الأوكسين (مثل عدد
القمم المستعملة) في قطعة الأجار. استعمال كائن حي لتحديد كمية مادة معينة يسمى
التقدير الأحيائي bioassay (الشكل ٢٦-٨).



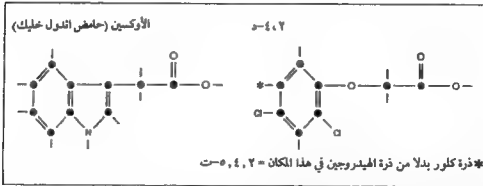
الشكل ٢٦-٧. اختبار
الشوقان. درجة الانحناء
تناسب مع كمية نشاط
الأوكسين في قطعة الأجار.
إستخدام كائن حي لتحديد
كمية نشاط مادة يسمى
التقدير الأحيائي.



الشكل (٢٦-٨). سجل مصور لاختبار الشوفان. (بتصريح من الدكتور كينيث ف. ثيان).

بأستعمال طريقة ونت، سرعان ما وجد أن الأوكسينات واسعة الإنتشار في الطبيعة. وقد تم عزل واحد من أقوى الأوكسينات لأول مرة من بول الانسان. إنه حامض الاندول خليك indolacetic acid أو IAA (الشكل ٢٦-٩). على الرغم من أنه ليس إلا واحداً من مواد عديدة منشطة للنمو تم اكتشافها، إلا أن هناك دليل قوى على أنه أهم أوكسين تنتجه النباتات.

يرجع الفضل إلى ونت أيضاً لاكتشافه أن التوزيع غير المتساوي للأوكسين هو المسئول عن الانحناء في الانتحاء الضوئي. فعند وضع قمة غمد الريشة كانت قد سبقت إضاءةها من جانب واحد فوق قطعتين منفصلتين من الأجار (الشكل ٢٦-١٠) فإن قطعة الأجار التي تحمل الجانب الذي كان معتماً تتراكم فيها كمية من الأوكسين تساوي تقريباً ضعف كمية الأوكسين المتراكم في القطعة التي تحمل الجانب الذي كان



الشكل (٢٦-٩). التركيب الجزيئي لهرمون نباتي طبيعي (أوكسين) ومبيد الحشائش ٢-٤-٥. خليط من ٢, ٤ و ٥-ت هو العامل البرتقالي الذي إستخدمته القوات الأمريكية لتساقط أوراق الغابات في فيتنام الجنوبية. الدوائر المصمتة تمثل ذرات الكربون، والخطوط القصيرة تمثل ذرات الهيدروجين.

FRUIT DEVELOPMENT

١ - تكوين الثمار

تلقيح الأزهار في كاسيات البذور يحفز عملية تكوين البذور. وكل بذرة تحتوي بداخلها على جنين نبات جديد. وكلما نضجت البذور فإن أجزاء الزهرة المحيطة بها تشكل غطاء لها هو الثمرة. ومن المعروف الآن أنه كلما تكونت البذور فإنها تفرز أوكسين في الأجزاء الزهرية المحيطة بها ومن ثم تحفز نمو الثمرة. في الواقع أنه يمكن حفز نمو الثمار في أزهار لم يتم تلقيحها بمجرد وضع الأوكسين في الزهرة. هذه ليست مجرد تجارب معملية. فالعديد من منتجات الطماطم يعتمدون إلى هذه الطريقة لحفز تكوين الثمار. ولا يضمن ذلك أن كل الأزهار سوف تعطى ثماراً فقط وإنما يزيد أيضاً من احتمال أن تكون كل الثمار مهيأة للجنى في وقت واحد.

APICAL DOMINANCE

٢ - السيادة القمية

كقاعدة عامة فإن نمو قمة الساق يوقف نمو البراعم الجانبية المنتشرة على هذه الساق. هذا المنع يسمى السيادة القمية. في الأشجار التي تكون لها جذع مفرد ومستقيم (مثل معظم الصنوبريات) تكون السيادة القمية أوضح ما يمكن. في النباتات الشجرية ذات النمو المنخفض والتفرع الغزير تكون السيادة القمية أقل وضوحاً. عند إزالة البرعم الطرفي فإن هذا التوقف يزول معه (الشكل ٢٦ - ١١) عندئذ تبدأ البراعم الجانبية في النمو. يستغل البستانيون هذه القاعدة بانتظام عند تقليم البراعم الطرفية

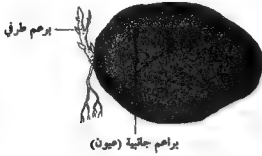


الشكل (٢٦-١١). السيادة القمية. انتقال الأوكسين من البرعم الطرفي (إلى اليسار) أو من قطعة أجار بها أوكسين (إلى اليمين) يمنع نمو البراعم الجانبية. غياب مصدر للأوكسين يمكن البراعم الجانبية من النمو (في الوسط).

لشجيرات الزينة. التخلص من السيادة القمية يمكن الأفرع الجانبية من النمو وتصبح الشجيرات أكثر امتلاءً وأقل نحولا. لا بد من تكرار العملية بصورة دورية لأن واحد أو اثنين من البراعم الجانبية سوف يتغلب في النهاية ويعيد فرض سيادته القمية على الآخرين.

يبدو أن السيادة القمية تنتج من الانتقال إلى أسفل للأوكسين الذي ينتج النسيج الانشائي القمي. في الواقع، فانه إذا ما أزيل هذا النسيج الانشائي القمي ووضع مكانه قطعة أجار محتوية على الأوكسين عند قمة الجذع المقطوع فإن ذلك يحافظ على تثبيط البراعم الجانبية (الشكل ٢٦-١١). أما قطعة الأجار الخالية من الأوكسين فلا يكون لها مثل هذا التأثير.

يمكن بسهولة توضيح مبدأ السيادة القمية في المعمل. فالبطاطس المألوفة ما هي في الواقع إلا جزء من الساق الأرضية لنبات البطاطس ولها برعم طرفي (قمي) أو عين وعدة براعم جانبية. بعد فترة طويلة من التخزين ينمو البرعم الطرفي ولكن البراعم الجانبية لا تنمو. ومع ذلك، فعند تقطيع البطاطس إلى عدة شرائح تحتوي كل منها على برعم، فإن البراعم الجانبية لا تلبث أن تنمو بنفس سرعة نمو البرعم الطرفي (الشكل ٢٦-١٢).



الشكل (٢٦-١٢). السيادة القمية في نبات البطاطس. وماهي أوجه الشبه بين هذا الشكل والأشكال المبينة في الشكل ٢٦-٢١١

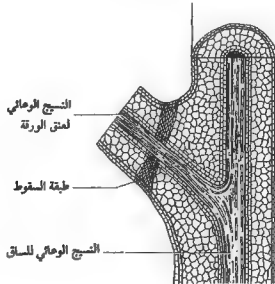
٣ - التساقط

ABSCISSION

لقد وجد أن الأوكسين يلعب دورا هاما في سقوط الأوراق والثمار. فالأوراق والثمار الحديثة تنتج الأوكسين، وطالما فعلت ذلك فانها تبقى متصلة بالساق بقوة. عندما يتناقص انتاج الأوكسين فان طبقة خاصة من الخلايا تتكون عند قاعدة عنق الورقة أو عنق الثمرة. هذه الطبقة من الخلايا تسمى طبقة السقوط (الشكل ٢٦-١٣). وسرعان ما ينكسر عنق الورقة أو عنق الثمرة عند هذه النقطة فتسقط الورقة أو الثمرة على الأرض.

ويمكن توضيح ذلك بسهولة في المعمل. فعند إزالة نصل ورقة من نبات الكوليس Coleus (كما في الشكل ٢٦-١٤) فان العنق يظل متصلا بالساق لعدة أيام فقط. ويبدو أن الحافز هنا هو إزالة النصل حيث أن الأوراق الكاملة تبقى على النبات لفترة أطول من ذلك بكثير. أما إذا وضع الأوكسين عند الطرف المقطوع للعنق (الشكل ٢٦-١٤) فان تساقط العنق يتأخر كثيرا.

لقد إستغل متتجو التفاح والبرتقال قدرة الأوكسين على تأخير التساقط. فثمار هذين النوعين تساقط غالبا قبل أن يكتمل نضجها وقد يؤدي ذلك إلى خسائر مادية فادحة للمنتج. ولكن رش الأوكسينات بعناية يقلل كثيرا من الخسائر الناجمة عن السقوط قبل النضج.



الشكل (٢٦-١٣). طبقة السقوط. عندما تسقط الأوراق والثمار من النباتات فان الانفصال يحدث عند طبقة السقوط.



الشكل (٢٦-١٤). دور الأوكسين في التساقط. يسقط حلق الورقة التي أزيل نصلها بسرعة إلا إذا وضع الأوكسين على السطح المقطوع.

أما عن أسباب الإنتاج المنخفض من الأوكسينات في الأوراق والثمار الناضجة فإنها غير واضحة تماماً. فالأوراق المظللة تماماً بأخرى أعلى منها سرعان ما تتوقف عن إنتاج الأوكسين وتسقط. وهذا محور مهم للنبات لأن الأوراق المظللة تحتاج إلى غذاء ولكنها لا تستطيع إنتاجه بالبناء الضوئي. وهي بذلك تصبح عبء على النبات.

في الخريف تساقط كل أوراق الأشجار النفضية. وذلك أيضاً محور مهم لأنه يقلل مساحة سطح النبات وبالتالي يقلل من فقد الماء وحمل الثلوج أما فيما يخص أيضاً النبات فإن الجو المتجمد يكافيء الجفاف. ولذلك فإن تساقط الأوراق يعمل على المحافظة على الماء ويقلل من الأضرار المدمرة للجليد في الشتاء. (معظم الأنواع مستديمة الخضرة التي تعيش في جوارد تكون أوراقها إبرية وهي ضيقة جداً ولها غطاء سميك وغير منفذ للماء من الأدمة. الشكل يساعد في نفخ الجليد عنها والأدمة تقلل من فقد الماء).

٤ — نشأة الجذور

ROOT INITIATION

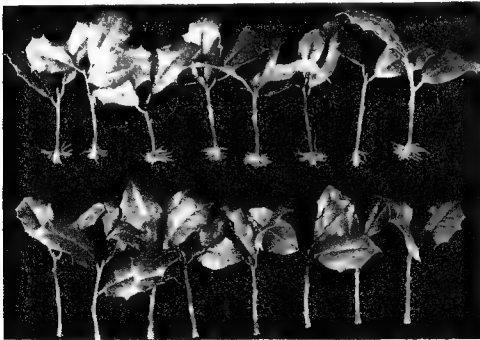
الأوكسينات تحفز أيضاً تكوين الجذور العرضية adventitious roots في الكثير من الأنواع. وتنشأ الجذور العرضية من السوق والأوراق بدلاً من أن تنشأ من المجموع

الجزدى الأصل للنبات. وقد يقوم البستانيون باكثار النباتات المرغوب فيها بوضع قطع من الساق رأسيا في رمل مبلل وبعد مدة تنمو الجذور العرضية من قاعدة كل عقلة. ويبدو أن تكوين هذه الجذور يعتمد فيما يعتمد على وجود الأوكسين الذي ينتقل من الأجزاء العليا للعقل. الكثير من البستانيين حاليا يزيلون من سرعة العملية بمعالجة العقل أولا بمحاليل أو مساحيق تحتوي على أوكسينات تخليقية (الشكل ٢٦-١٥).

٢٦-٦. كيف تعمل الأوكسينات؟ HOW DO AUXINS WORK

كما رأينا فإن الأوكسينات تؤثر على عدة أنواع من الأنسجة النباتية بعدة أنواع من الطرق. بعض الأنسجة (مثل غمد الريشة وجدار المبيض) يتم تنشيطها بالأوكسينات. البعض الآخر (مثل البراعم الجانبية) يتم تثبيطها. كيف يمكن لجزء واحد صغير من هذا النوع أن يؤدي إلى هذه التأثيرات المتباينة؟

الاجابة لازالت غير معروفة على وجه اليقين. فإنه يمكن إرجاع على الأقل بعض



الشكل (٢٦-١٥). عقل من نبات الهول الأمريكي معاملة بأوكسين تخليقي (حامض بيتا - أندول - بيوتريك). الصف الأسفل: عقل غير معاملة. (بتصريح من بول س. مارت، وزارة الزراعة الأمريكية، بلتسفيل).

تأثيرات الأوكسين على الخلايا النباتية إلى تأثيره على الجينات نفسها. فالتأثير المنشط للأوكسين على الريشة ونمو الساق يمكن منعه باستخدام المضاد الحيوى أكتينومايسين د actinomycin. وكما عرفنا في الباب الخامس فإن الأكتينومايسين د يتحد مع الحامض DNA ويمنع نسخه بواسطة بوليمريز الحامض RNA. وعلى ذلك فإن منع نشاط الأوكسين بواسطة الأكتينومايسين د يرجح أن تأثيراً واحداً على الأقل للأوكسين يكون على نسخ الجينات. وقد تأكد ذلك باكتشاف أنه عند معالجة الأنوية النباتية المعزولة بحامض إندول خليك فإنه سرعان ما تحدث زيادة ملحوظة في إنتاج الحامض RNA. ولكن عند إضافة الأكتينومايسين د إلى التجربة فإن هذه الزيادة تتوقف.

معالجة الخلايا النباتية بالأوكسين تؤدي إلى زيادة ليس فقط في تخليق الحامض RNA ولكن أيضاً في تخليق البروتين. ولكن هذا متوقع على ضوء الأدوار التي تلعبها جزيئات الأحماض RNA المراسل والريبوسومي والناقل في تخليق البروتين.

ليس معروفاً حتى الآن على وجه اليقين كيف يتفاعل الأوكسين مع الشفرة الوراثية لفك الجينات. ومع ذلك فهناك دليل على أن الأوكسين يكون نشيطاً داخل الخلية فقط عندما يكون متصلاً بجزيء بروتين خاص. أضف إلى ذلك أن طبيعة هذا البروتين المتحد مع الأوكسين تختلف من أحد أنواع الخلايا إلى الآخر. يرتبط معقد الأوكسين والبروتين مع الكروماتين في النواة، وعندما يحدث ذلك ينشط تخليق الحامض RNA. وعلى ذلك فإن الموقف يبدو مشابهاً لما وجدناه في حالة معقد السترويد والمستقبل الذي يتحد مع الكروماتين في خلايا بطانة الرحم وقناة البيض في الدجاج (أنظر القسم ١٥-٢).

البعض من النشاطات المتنوعة للأوكسين يحدث بسرعة أكبر من أن تكون نتيجة لتنشيط الجينات. وعلى ذلك فلا بد أن الأوكسين يؤثر على نشاطات الخلايا بطرق أخرى أسرع. أما كيف تتم هذه التأثيرات السريعة فإنه لا يزال غير معروف.

٢٦-٧. الجيبيريلينات

THE GIBBERELLIN

بالإضافة إلى الأوكسينات فقد تم إكتشاف مواد أخرى منشطة للنمو. ففي الثلاثينيات عزل العلماء اليابانيون مثل هذه المادة من مزرعة لفطر يتطفل على نباتات

الأرز. ولقد أطلقوا على هذه المادة اسم الجيريللين. بعد الحرب العالمية الثانية إستأنف العلماء في بلدان أخرى هذا البحث وقاموا بعزل أكثر من ٣٠ مادة أخرى وثيقة الصلة تعرف في مجموعها الآن باسم الجيريللينات.

ربما كان أكبر تأثير للجيريللينات على نمو الساق. فعندما تستعمل بتركيزات منخفضة مع نبات الفول القزم يأخذ الساق في النمو بسرعة ويصبح طول السلاميات كبيرا لدرجة أن النبات لا يمكن تمييزه عن الفول المتسلق. ويبدو أن الجيريللين يستطيع تحطى كل العقبات الوراثية في الكثير من أنواع النباتات القزمية.

على الرغم من أن الجيريللينات تشبه الأوكسينات إلى حد ما من حيث تنشيطها لنمو الساق فانها لا تصنف مع الأوكسينات، إذ أن تركيبها الجزيئى مختلف تماما كما أنها لا تؤدي إلى أي إستجابة في إختبار غمد الريشة.

الجيريللينات (مثل الأوكسينات) تم عزلها لأول مرة من مصادر غير النباتات الراقية نفسها. وهذا بالطبع يثير التساؤل عما إذا كانت من بين المكونات الطبيعية للنباتات الراقية. وإذا كان الأمر كذلك فما هو الدور الذي تلعبه في آليات ألتناسق الطبيعية في النبات. بالإضافة إلى دورها في تنشيط نمو الساق فانه يبدو أنها المنشطات الرئيسية لنمو الجذور. فمعالجة نباتات معينة (مثل السبانخ والكرونب) بالجيريللينات تنشط تكوين الأزهار. وبما يوضح أن هذا من بين نشاطاتها الطبيعية أن أنسجة هذه النباتات تحتوي على كميات زائدة من الجيريللينات عندما تكون جاهزة للإزهار.

يبدو كذلك أن الجيريللينات تلعب دورا في نمو البراعم. عند جمع البطاطس فانه لا البرعم الطرفى ولا البراعم الجانبية تكون مستعدة للنمو (الشكل ٢٦-١٢) ومع ذلك فعند معالجة البرعم الطرفى بالجيريللين فانه سرعان ما ينمو. وفي الأنواع الخشبية مثل الخوخ والبيتلولا والجميز يبدو أن تخليق الجيريللينات في الربيع هو الذي يحفز نمو البراعم التى كانت كامنه أثناء الشتاء.

إنبات البذور هو مرحلة أخرى من مراحل عمر النبات التي قد تلعب فيها الجيريللينات دورا رئيسيا. فقد تذكر أن معظم المخزون الغذائى في محاصيل الحبوب مثل الشعير والقمح والأرز والذرة يكون مختزنا في الاندوسبرم (الشكل ١٦-١٠). واحدة من أولى خطوات عملية الانبات في هذه النباتات ذوات الفلقة الواحدة هي

إنتاج الجنين للجيريللين. يعمل الجيريللين على الخلايا المحيطة بالاندوسبرم فيجعلهم يتجون عددا من إنزيمات تميو خاصة (مثل الأميلين) تهضم النشا والبروتين في الاندوسبرم ومن ثم تجعل السكريات والأحماض الأمينية متاحة للجنين النامي. هذه الإنزيمات تعمل أيضا على تحليل أغلفة البذرة وبالتالي تسهل إختراق الجذير وغمد الريشة لها (الشكل ٢٦-٤). يمكن إعتراض هذا التأثير للجيريللين بالأكتينومايسين د مما يرجح أن الجيريللين ينشط الجينات في الخلايا المحيطة بالاندوسبرم. في الواقع فان إستخدام الجيريللين مع هذه الخلايا ينتج أولا فيضاً من تخليق الحامض RNA ويتبعه تخليق إنزيمات التميؤ المختلفة.

٢٦-٨. السيتوكينينات

THE CYTOKININS

تشكل السيتوكينينات مجموعة أخرى من الهرمونات النباتية. من الناحية الكيميائية فان كل واحد منها يحتوى على المادة البيورينية أدنين كجزء من تركيبة الجزيئى. بالإضافة إلى السيتوكينينات التي توجد في الطبيعة فان لعدد من مشتقات الأدنين التخليفية نشاطا سيتوكينييا قويا.

عندما تعمل السيتوكينينات مع الأوكسين فانها تشجع بقوة الانقسام غير المباشر في الأنسجة الانشائية. المخزون الغذائي لبعض البذور يحتوي على السيتوكينين. ويبدو أن هذا السيتوكينين يمددا بالنبه الكيميائي اللازم للانقسام غير المباشر بسرعة في البادرة النامية. كذلك تشجع السيتوكينينات على تشكل الخلايا الناتجة في الأنسجة المرستمية.

بالإضافة إلى ما للسيتوكينينات من تأثير منشط للنمو فقد وجد أنهم أيضا يعملون على ابطاء الشيخوخة في أجزاء النبات، مثل الأوراق، كما يزيدون من مقاومة أجزاء النبات للتأثيرات الضارة مثل الحرارة المنخفضة، الإصابة بالفيروس، مبيدات الحشائش والأشعاع.

وكما في حالة الأوكسينات والجيريللينات، فانه يبدو أن بعض تأثيرات السيتوكينينات على الأقل تحدث عن طريق التنشيط الانتخابي للجينات. هناك إنزيان وجد أنها بالذات يتأثران بالسيتوكينينات ويمتنع هذا التأثير بواسطة الأكتينومايسين د. بالإضافة

إلى ذلك فإن تخليق الحامض RNA (ربما كان الحامض المراسل RNA) يزداد بصورة ملحوظة عند معالجة الخلايا النباتية أو الأنوية المعزولة بالسيبتوكينينات.

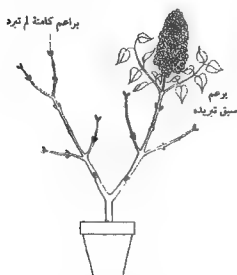
٢٦-٩. حامض الأبسيسيك (أ ب أ) ABSCISIC ACID (ABA)

تلعب المثبطات أيضا دوراً في تناسق نشاطات النبات. في الخريف، تنتج الأوراق لأشجار مثل البتولا والجميز مادة توقف نمو البرعم الطرفي للساق وتحوله إلى برعم كامن. الأوراق الحديثة النامية بالقرب من النسيج الانشائي (أنظر الشكل ١٩-٢) تتحول إلى حراشيف صلبة تغلف النسيج الانشائي تماماً وتحمية من التلف والجفاف أثناء شهور الشتاء. المادة المستولة عن تحويل النسيج الانشائي القمي إلى برعم كامن تم التعرف عليها وأطلق عليها اسم حامض الأبسيسيك. ومن المحتمل أنها تنتقل من المكان الذي تصنع فيه، وهو الأوراق الناضجة للنبات، إلى النسيج الانشائي القمي عن طريق اللحاء.

بمجرد أن يصبح البرعم كامناً فإنه عادة لا يمكنه استعادة نشاطه بعودة الدفء و الرطوبة الوفيرة. في بعض الأحيان، لا بد من تخليق الجبريلين (ربما كان الحافز لذلك هو تزايد طول النهار في الربيع). في بعض الحالات لا بد من التعرض لفترة من درجات الحرارة المنخفضة حتى ينكسر كمون البرعم. فأشجار التفاح والليلاك مثلاً لا يمكن زراعتها في المناطق الاستوائية لأن الشتاء فيها لا يصل إلى درجة البرودة الكافية (عدة أيام عند صفر - ١٠°م) لكسر كمون البراعم.

أهمية هذا الكمون المفروض على النبات تبدو واضحة. فإذا لم توجد مثبطات مثل حامض الأبسيسيك في أواخر الخريف وأوائل الشتاء فإن فترة غير متوقعة من الدفء قد تحفز نمو البراعم. ومع عودة الجو المتجمد فإنه يقتل كل هذا النمو الجديد بسرعة. هذا الكمون المفروض على النبات، والذي يمكن إنشاؤه إما بفترة طويلة من البرودة أو بعودة النهار الطويل في الربيع، يحمي النبات من التعرض لمثل هذه المخاطر.

كمون البراعم يبدو شيئاً محدداً في مكانة بدقة. فبالترديد المسبق يمكن تنشيط برعم واحد على ساق الليلاك فينمو بينما بقية البراعم التي بقيت بدون تبريد تظل كامنة (الشكل ٢٦-١٦).



الشكل (٢٦-١٦). كسر كمون
البراعم في نبات الليلاك بالبرودة
الموضعية حتى تحت أنسب
الظروف للنمو فان براعم نبات
الليلاك لاتنمو بدون تبريد
سابق.

الكثير من البذور حديثة التكوين لابد أن تقضى فترة من الكمون الاجبارى قبل أن تستطيع الانبات. وقد يكون حامض الأبسيسيك هو السبب في بعض هذه الحالات (مثل بذور الخوخ) وإن كان قد تم إكتشاف مشبطات أخرى. التعرض للتبريد أو في بعض الأحيان لكميات كافية من الماء الذي يغسل المثبط من البذور يكون ضروريا لحداث الانبات. قيمة التبريد بالنسبة للبذرة هي نفسها قيمة التبريد بالنسبة للبراعم. أما بالنسبة للاحتياج للماء - بكمية أكبر مما يلزم لعملية الانبات نفسها - فإنك تتذكر (من القسم ١٦-٩) أن ذلك يضمن أن بذور النباتات الصحراوية لن تنبت إلا إذا كان هناك مطر يكفيها لاكمال دورة حياتها بالكامل.

التأثيرات التثبيطة لحامض الأبسيسيك تفسر كذلك الانتحاء الأرضى الموجب للجنذور. يتجمع حامض الأبسيسيك في الجانب السفلى من الجنذور الأفقية فيمنع الاستطالة فيه وتزدى الاستطالة الأسرع للجانب العلوى إلى نمو الجنذر إلى أسفل.

وجد كذلك أن حامض الأبسيسيك يسرع من تساقط الأجزاء النباتية المسنة مثل الأوراق والثمار (الشكل ٢٦-١٣). لقد كان هذا التأثير هو السبب في ذلك الاسم.

ETHYLENE

٢٦-١٠. الايثيلين

عند جنى ثمار الليمون يكون لونها أخضر بحيث لا يتقبلها المشتري في السوق. وقد إعتاد زارعوا الليمون على تخزين الثمار حديثة الجمع في مستودعات دافئة ورطبة

للأسراع بظهور لون أصفر متجانس عليها . وكانت التدفئة تحدث بواسطة مواقد الكيروسين . وحينما حاول أحد المزارعين إستخدام طريقة حديثة للتدفئة وجد أن ثماره لم يظهر عليها اللون الأصفر بصورة جيدة . وعندما تتبع هذا الخط في البحث ظهر أن العامل المهم في نضج الثمار ليس هو الحرارة ولكنه الكميات القليلة من غاز الايثيلين ($CH_2=CH_2$) المتصاعد من حرق الكيروسين .

منذ ذلك الوقت وجد أن معظم الثمار تنتج ما يلزمها من الإيثيلين هو الذي يحفز عملية النضج . ومن التغيرات العديدة التي يحدثها الإيثيلين تغير في نفاذية أغشية الخلية . ومن الأمور التي تترتب على ذلك السماح لآنزيم يحطم الكلوروفيل بالدخول إلى البلاستيدات الخضراء . ومع تحطيم الكلوروفيل تظهر الأصباغ الحمراء و/أو الصفراء الموجودة في الخلايا وتتخذ الثمار لونها الدال على النضج .

THE FLOWERING PROCESS

عملية الإزهار

واحدة من أهم الوظائف التكوينية في كاسيات البذور هي الإزهار . حينما يكون النبات في حالة نمو نشط فإن الانقسام غير المباشر في النسيج الانشائي القمي ينتج خلايا تكون المزيد من أنسجة الساق وخلايا تكوين براعم أوراق (الشكل ١٩-٢) تنمو لتعطي أوراقاً بالغة . ومع ذلك فإنه يأتي على النبات وقت (عادة عندما يتوقف النمو) عنده تكوّن الأنسجة الانشائية بدايات أزهار Flower Primordia . هذه عبارة عن تجمعات من الخلايا تتحول إلى براعم أزهار . والإزهار الناتجة من نمو هذه البراعم تحتوي على الأعضاء الجنسية لكاسيات (أو منغطاء) البذور، والتي بدونها لا يحدث تكاثر جنسي .

٢٦-١١ . العوامل البادئة للإزهار

FACTORS THAT INITIAE FLOWERING

دفعت أهمية عملية الإزهار الكثير من علماء وظائف أعضاء النبات إلى محاولة إكتشاف العوامل البادئة لها . السؤال ببساطة هو: ماهي أسباب توقف النبات عن إنتاج براعم ورقية ليبدأ في إنتاج براعم زهرية .

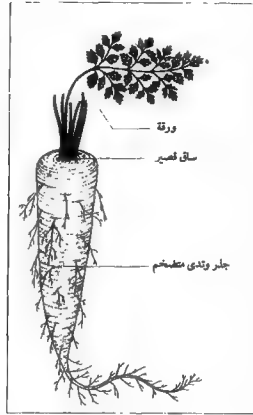
في بعض الحالات يبدو أن المنبة داخل الكامل . بعض أصناف الطماطم تنتج

بدايات أزهار بعد أن يكون الساق قد أنتج ١٣ عقدة. لابد من وجود مخزون غذائي كافٍ في النبات. فإذا لم يكن النبات يقوم بالبناء الضوئي بنشاط فانه سوف يفتقر إلى مخزون الطاقة اللازمة لعملية الأزهار.

في أغلب الأحيان يبدو أن المنبة الباديء لعملية الأزهار يكون خارجياً. وغالباً ما تكون الحرارة هي المنبة الحرج. وهذا صحيح بصفة خاصة بالنسبة للنباتات ثنائية الحول، أي النباتات التي تحتاج إلى موسمي نمو لكي تكمل دورة حياتها. البنجر والجزر والكرنب هي ثلاثة من النباتات ثنائية الحول الشائعة. في موسم النمو الأول يتكون لها جذور وساق صغير وتجمع من الأوراق (الشكل ٢٦-١٧). أثناء هذا الموسم يمتزج الغذاء في المجموع الجذري. مع حلول الجو البارد تموت القمم. في الموسم التالي تتكون الأزهار على النمو الخضرى الجديد. وبعد اكمال عملية التكاثر يموت النبات كله. لن يحدث الأزهار في الموسم الثاني إلا إذا تعرض النبات للجو البارد في الشتاء.

أثبتت التجارب أنه ليس من الضروري تبريد النبات بأكمله لكي يحدث الأزهار البرعم الطرفي هو الذي يستقبل الحرارة وتعرضه لحرارة في المدى صفر- ١٠ م بيء المجال للأزهار. وقد يكون للجبريلينات دور في هذه العمليات. عند وضع الجبريللين على برعم طرفي لم يتعرض للبرودة فان النبات يزهر بطريقة طبيعية. أكثر من ذلك، فعند تطعيم نبات ثنائي الحول عولج بالتبريد على نبات لم يعالج بالتبريد فان هذا الأخير أيضاً يزهر بقوة وهذا يبين أن تبريد البرعم الطرفي يتبعه إنتاج وانتقال مادة مشجعة على الأزهار.

عامل آخر باديء لعملية الأزهار في الكثير من الأنواع النباتية هو التغير في طول فترة الإضاءة اليومية التي يتعرض لها النبات. توصل إلى هذا الاكتشاف إثنان من علماء وظائف أعضاء النبات هما و. و. جازنر وه. أ. آلارد من وزارة الزراعة الأمريكية في عام ١٩٢٠. فقد حيرهما وجود واحد من أصناف الدخان (ماريلاند ماموث) لم يزهر في الصيف كبقية الأصناف وعند حماية هذا الصنف في أحد البيوت المحمية ظهرت أزهاره في حوالى وقت عيد الميلاد. بعد عدة تجارب باستخدام إضاءة صناعية في الشتاء وظلام صناعى في الصيف إستنتج أن طول النهار هو الذي يحكم الاستجابة للأزهار. ولقد سميا هذا السلوك التوقيت الضوئي photoperiodism لأن الماريلاند ماموث لا



الشكل (٢٦-١٧). نبات
الجزر، ثنائي الحول. حدث
الأزهار في أثناء الموسم الثاني
للنمو.

يزهر إلا إذا تعرض لفترات قصيرة من الاضاءة ولذلك فإنه يسمى نبات النهار القصير. أنواع النباتات، مثل السبانخ وبنجر السكر والفجل تزهر فقط عندما تتعرض لنهار طويل ولذلك تسمى نباتات النهار الطويل. مجموعة ثالثة من الأنواع، مثل الطماطم، متعادلة النهار، أي أن الأزهار فيها غير محكوم تماما بطول فترة تعرضها للضوء.

لقد فسر إكتشاف التوقيت الضوئي الكثير من الحقائق المحيرة حول نمو النباتات. أولا لقد أمدنا بآلية لتفسير، على الأقل جزئيا، التتابع المنتظم للأزهار على مدى موسم النمو. فمن أول أزهار في الربيع وحتى آخر أزهار في الخريف يتتابع إزهار النباتات نوعا بعد نوع بانتظام دقيق كالساعة. الان نستطيع أن نفهم لماذا يزهر السبانخ أثناء شهور الصيف بينما يزهر الكريزاثيم في الخريف. ثانيا تفسر ظاهرة التوقيت الضوئي لماذا تزهر عادة كل نباتات نفس النوع في نفس الوقت. فعلى الرغم من أن بعض الأفراد يكونون قد بدأوا النمو مبكرا عن الآخرين في الربيع، فانهم جميعا (الشكل ٢٦-١٧) يزهرزون معا. ثالثا يفسر التوقيت الضوئي لماذا لا ينجح نمو الكثير من الأنواع النباتية إلا بين

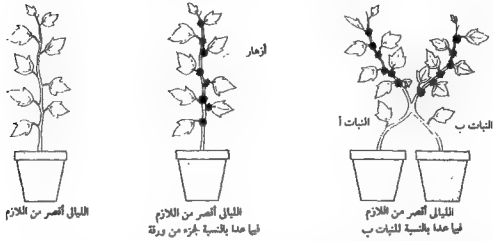
جبال ضيق من خطوط العرض. السبانخ، وهو نبات نهار طويل لا ينجح في الأزهار في المناطق الاستوائية لأن النهار لا يصل أبدا إلى الطول الكافي لذلك (١٤ ساعة). الزربيج، وهو نبات نهار قصير، لا ينجح في شمال ولاية مين لأنه حينها يصبح طول النهار قصيرا بالقدر الكافي (أغسطس) لبدء الأزهار بتكون الصقيع القاتل قبل أن تكتمل عملية التكاثر ونضج البذور.

٢٦-١٢. آلية التوقيت الضوئي THE MECHANISM OF PHOTOPERIODISM

دفع إكتشاف عملية التوقيت الضوئي الكثير من علماء وظائف الأعضاء إلى التعمق في دراستها في محاولة لتحديد طريقة عملها. وسرعان ما وجدوا أن الأسماء «نهار قصير» و «نهار طويل» خاطئة. فقطع فترة ضوء النهار بفترات من الاظلام لم يكن له تأثير مطلقا على عملية الأزهار. بينما كان لقطع فترة الليل بإضاءة صناعية قصة مختلفة تماما. عندما أضيت نباتات النهار القصير مثل الشبيط cocklebur ولولفترة قصيرة أثناء الليل فانها فشلت في الأزهار. ولذلك بات واضحا أن طول النهار ليس هو العامل المهم في عملية الأزهار ولكنه طول الليل. فنباتات النهار القصير في الواقع هي نباتات ليل طويل. فمثلا نبات الشبيط الذي ينمو عند خط عرض مدينة ميتشجان سوف يزهر فقط إذا حفظ في الظلام لمدة ٨½ ساعة. وإذا ما أضىء بأى وميض في أي وقت خلال هذه الفترة فانه لا يزهر.

على الرغم من أن تكون بدايات الأزهار يحدث عند الأنسجة الانشائية فانه لا يمكن الكشف عن المنبة الخاصة بالتوقيت الضوئي فيها. الأوراق هي التي تستقبل هذا المنبة. فإذا ما تعرضت ورقة واحدة فقط، أو حتى جزء صغير من ورقة واحدة من نبات الشبيط لمدة ٨½ ساعة من الظلام فان النبات سوف يزهر حتى ولو لم تتلقى بقية الأوراق الفترة الكافية من الاظلام (الشكل ٢٦-١٨). وهذا يرجح أن هناك منبة ما، من المفترض أنه هرمون، يمر من الأوراق إلى الأنسجة الانشائية.

تجارب التطعيم تعطينا تدعيا قويا لهذه الفكرة. إذا تم تطعيم نبات شبيط تعرض لتوقيت ضوئي مناسب على نبات شبيط لم يتعرض لتوقيت ضوئي مناسب فان كلاهما سوف يزهر (الشكل ٢٦-١٨). وعن طريق تطعيم سلسلة من النباتات مع بعضها فانه



الشكل (٢٦-١٨). الدليل العملي على أن المنبة لعملية الأزهار ينشأ في الورقة (الوسط) وينتقل عبر الجهاز الوعائي إلى البراعم الزهرية (اليمين).

يمكن تقدير مدى السرعة التي يتقل بها هذا المنبة، الذي سُمي فلوريجين Florigen. يتم تصنيع الفلوريجين في الأوراق ويتحرك خلال اللحاء إلى الأنسجة المرستمية. ويتميز وصوله إليها بعدة تغيرات كيميائية منها إرتفاع كبير في تخليق الحامض RNA. وهذه تتلوها فيما بعد التغيرات الشكلية المصاحبة لتحول الأنسجة المرستمية إلى بدايات أزهار. على الرغم من أن الآليات الجزيئية لا زالت مجهولة فانه يبدو أن تأثير وصول الفلوريجين يكون هو إحباط الجينات المنظمة للأزهار.

في نبات الشبيط، على الأقل، يكون إنتاج الفلوريجين لمرة واحدة. فإذا أعطى ليلة واحدة مدتها $8\frac{1}{2}$ ساعة فإن النبات سوف يبدأ في عملية الأزهار حتى لو أعيد بعد ذلك إلى ظروف الليل القصير غير الملائمة.

نباتات النهار الطويل أيضا أسيئت تسميتها. فالسبانخ وبقية أعضاء هذه المجموعة تزهر بنجاح بنظام النهار القصير طالما إنقطعت فترة الليل بالتعرض السريع للضوء. وعلى ذلك فنباتات النهار الطويل هي في الواقع نباتات الليل القصير، وهي تزهر فقط إذا لم يكن الليل أطول من اللازم.

طريقة العمل في نباتات الليل القصير تبدو أكثر تعقيدا مما هي في نباتات الليل الطويل. عند وضع نبات سم الفراخ henbane ذو الليل القصير تحت ظروف من الليل

الطويل فانه لا يزهر. ومع ذلك إذا تم إنتزاع بعض أوراقه أو عومل النبات بالبرودة أو وضع تحت ظروف لاهوائية أثناء الليل الطويل فان التأثير المثبط لليل الطويل يمكن التغلب عليه ويزهر النبات. وهذا يرجح أن مادة مثبطة (ربما كانت حامض الأبسيسيك) تنتج من أبيض الأوراق خلال ساعات الظلام. وأي اعتراض للأبيض الطبيعي للنبات يبطئ من تراكم هذا المثبط.

من ناحية أخرى، هناك دليل على أن الأوراق تفرز مادة تنشط الأزهار عندما يكون النبات تحت ظروف الليل القصير. في الواقع، فانه يبدو أن هذه المادة مماثلة تماماً للفلوريجين الذي تنتجه نباتات الليل الطويل. إذا تم تطعيم نبات ليل قصير على نبات ليل طويل فان كلاهما سوف يزهر تحت ظروف الليل القصير على الرغم من أن نبات الليل الطويل لا يفعل ذلك بصورة طبيعية.

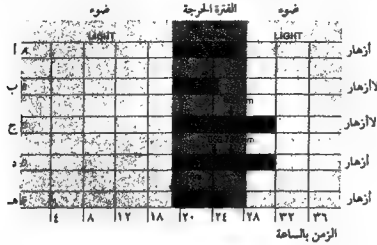
٢٦-١٣. إكتشاف الفيتوكروم THE DISCOVERY OF PHYTOCHROME

لا بد أن يشتمل التوقيت الضوئي على آلية شديدة الحساسية لاكتشاف الضوء. وقد رأينا أن نبات الشيبط لا يزهر في الليل الطويل إذا إنقطع الليل بوميض سريع من الضوء. وهذا الوميض يمكن أن يكون خافتاً جداً فالتعرض لضوء لا يزيد كثيراً عن ضوء القمر يمكن أن يكون مؤثراً.

أكثر أشعة الضوء فعالية في تثبيط إزهار الشيبط هي البرتقالية - الحمراء التي يكون طول موجتها ٦٦٠ نانومتر. نفس طول الموجة لا يكون شديد الفعالية في تشجيع الإزهار في السبانخ إذا كانت الليالي بخلاف ذلك أطول من اللازم. هذه المعلومات ترجح أن النباتات تحتوي على صبغة تمتص الضوء البرتقالي - الأحمر بقوة.

وجد كذلك أن التأثير المثبط للضوء البرتقالي - الأحمر (٦٦٠ نانومتر) يمكن التغلب عليه تماماً في نبات الشيبط وذلك بتعرض أوراق النبات للضوء الأحمر البعيد Far-red وهو ضوء يقع مباشرة قبيل الضوء المرئي. طول موجه مقداره ٧٣٠ نانومتر يكون شديد الفعالية في عكس التأثير المثبط للضوء البرتقالي - الأحمر.

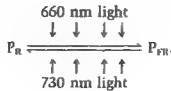
هذا النظام عكسي بالكامل. فيمكن إعتراض ساعات الليل الثمانية والنصف اللازمة لنبات الشيبط بأي عدد من المرات بالضوء البرتقالي - الأحمر بالتبادل مع الضوء



الشكل (٢٦-١٩). التوقيت الضوئي في نبات الشبيط. ليلة غير متقطعة طولها $8\frac{1}{2}$ ساعة تلزم للازهار (أ، ب). قطع ليلة طويلة بضوء برتقالي-أحمر (٦٦٠ نـم) يمنع الازهار (ج) الا اذا تبعه تشعيع بضوء أحمر بعيد (٧٣٠ نـم) (د) التعرض الشديد للضوء الأحمر البعيد عند بداية الليل يمتثل الحاجة الى الظلام بمقدار ساعتين (هـ).

الأحمر البعيد. ويعتمد تثبيط الازهار في النهاية على طول موجة آخر وميض. فاذا كان الوميض الأخير بضوء برتقالي - أحمر فان الازهار لا يحدث. وإذا كان بضوء أحمر بعيد، فان الازهار يحدث بصورة عادية حتى ولو كان النبات قد تعرض لكميات كبيرة من الضوء البرتقالي - الأحمر قبيل التعرض الأخير (الشكل ٢٦-١٩).

هذا التأثير العكسي يرجع وجود صبغة عكسية. تحت أحد الظروف تمتص الصبغة الضوء البرتقالي - الأحمر وبذلك تتحول إلى شكل يمتص الضوء الأحمر البعيد. تعرض الصورة الممتصة للضوء الأحمر البعيد لضوء أحمر بعيد يعيد تحويل الصبغة إلى الصورة الممتصة للضوء البرتقالي - الأحمر، ولقد سميت هذه الصبغة بالفيتوكروم Phytocrome. الصورة الممتصة للضوء الأحمر - البرتقالي أعطيت الرمز P_{fr} . الصورة الممتصة للضوء الأحمر البعيد يرمز لها بالرمز P_{r} . ويمكن تحويل كل من هاتين الصورتين إلى الأخرى على النحو التالي:



وعلى الرغم من وجود الفيتوكروم بكميات ضئيلة للغاية في أنسجة النباتات فقد أمكن عزله. إنه بروتين تتصل به مجموعة فعالة تكسبه خاصية إمتصاص الضوء. وكما قد يتوقع المرء من أن الفيتوكروم يمتص الضوء عند النهاية الحمراء اللطيف، فإن لونه أزرق.

يبدو أن فعالية الفيتوكروم في تنظيم التوقيت الضوئي تتوقف على عاملين:

- (١) ضوء الشمس وهو أغنى بالضوء البرتقالي - الأحمر (٦٦٠ نانومتر) عنه بالضوء الأحمر البعيد (٧٣٠ نانومتر). وهذا يعني أنه عند حلول الظلام يكون كل الفيتوكروم الموجود في أوراق النبات في الصورة PFR.
- (٢) الصورة PFR غير مستقرة بينما الصورة Pr مستقرة. في الظلام تتحول الصورة PFR تدريجياً إلى الصورة Pr. هذا التحول يمكن أن يعمل بمثابة الساعة التي يقيس بها النبات طول الليل. في الواقع، يمكن دفع نبات الشبيط للازهار بعد ليل طوله ٦ ساعات فقط إذا تعرض أولاً لجرعة كبيرة من الضوء الأحمر البعيد (الشكل ٢٦-١٩). والمعتقد أن الضوء الأحمر البعيد يحقق فوراً التحول من PFR إلى Pr والذي يتطلب بدون ذلك ساعتان من الظلام. ويشير عدم قضاء الجرعة الكبيرة من الضوء الأحمر البعيد بالكامل على الحاجة إلى الظلام إلى أن تفاعلات كيميائية أخرى لابد أن تحدث في الظلام حتى يحدث الازهار. وليس معروفاً حتى الآن ماهي هذه التفاعلات.

سلوك الفيتوكروم يقدم لنا تفسيراً معقولاً لاحتياج نبات الشبيط إلى الليل الطويل.

يقوم PFR بتثبيط التفاعلات الكيميائية اللازمة لإفراز الفلوريجين من الأوراق بينما Pr لا يفعل ذلك. ولذلك يحتاج نبات الشبيط إلى ٨ ساعات من الظلام لكي:

- (١) يحول كل PFR الموجود به عند وقت الغروب إلى Pr.
- (٢) يقوم بالتفاعلات المكتملة المجهولة والتي تؤدي إلى إفراز الفلوريجين. إذا انقطعت هذه الفترة بوميض من الضوء (يحتوي على أشعة ٦٦٠ نانومتر)، فإن PFR يتحول فوراً مرة أخرى إلى PFR المثبط ويضيع كل عمل الليلة. التعرض بعد ذلك إلى الضوء الأحمر البعيد سيعيد تحويل الصبغة مرة أخرى إلى الصورة PFR ويمكن إتمام الخطوات التي تؤدي إلى إفراز الفلوريجين. التعرض للضوء الأحمر البعيد عند بداية الليل يقدم الساعة بمقدار ساعتين أو نحو ذلك ويلغي الحاجة إلى التحول

التلقائي من الصورة P_{FR} إلى الصورة P_R.

في حالة نباتات الليل القصير مثل السبانخ ، تكون هناك حاجة إلى P_{FR} لتنبيه عملية الأزهار. التعرض لوميض من الضوء البرتقالي - الأحمر أثناء الليل سوف يعكس التحول التلقائي من P_{FR} إلى P_R والذي كان مستمرا منذ وقت الغروب، وهذا سوف يسمح بحدوث الأزهار حتى ولو كانت النباتات تحت ظروف ليل طويل. في الواقع، فإن نبات السبانخ سوف يزهر حتى تحت أضواء مستمرة (بدون ليل بتاتا) حينها يكون كل الفيتوكروم الموجود به في صورة P_{FR}.

٢٦-١٤. نشاطات أخرى للفيتوكروم OTHER PHYTOCHROME ACTIVITIES

لقد وجد أن الفيتوكروم يدخل في الكثير من النشاطات الأخرى للنباتات. بذور الصنف جراند رابيلز من الخس لن تنبت حتى تتعرض للضوء. فإذا ماتعرضت للضوء الأحمر البعيد مباشرة بعد تعرضها للضوء المرئي فانها لن تنبت. أطيايف الفعل (أنظر الشكل ٨-٢) لهذا التنبيه والتثبيط توضح أن الفيتوكروم هو الصبغة الممتصة للضوء. الصورة P_{FR} تشجع الانبات بينما الصورة P_R تثبته. وقد وجد أن نفس هذه الآلية تعمل في بذور الكثير من أنواع كاسيات البذور سواء العشبية أو الخشبية وكذلك في بذور بعض عاريات البذور مثل الصنوبر الأسكتلندي. الموقف ينعكس تماما في بذور خشخاش كاليفورنيا. ففي الظروف الطبيعية فان هذه البذور لن تنبت إذا تعرضت للضوء. ومن المحتمل أن يكون الفيتوكروم هو المسئول عن الانبات الذي ينظمه الضوء في الأنواع المذكورة في القسم ١٦-٩.

نمو الساق أيضا ينظمه الفيتوكروم. فقد كان معروفا منذ زمن طويل أن النباتات التي تنمو في الظلام تستطيل بسرعة. (أنظر الشكل ٨-١١). هذه الظاهرة تسمى الشحوب etiolation وهي آلية تزيد من احتيال وصول النبات إلى الضوء. وبمجرد أن يسطح الضوء على النبات فانه يبدأ في إنتاج سلاميات ذات طول عادي كما تنمو الأوراق إلى الحجم الكامل. ولا يحدث ذلك لمجرد اشباع احتياجات النبات للبناء الضوئي بدليل أن التعرض لضوء خافت لا يصلح للبناء الضوئي يوقف عملية الشحوب. الضوء البرتقالي - الأحمر مؤثر بصفة خاصة في أحداث هذه الاستجابة. ويشير ذلك بالإضافة

إلى حقيقة أن التعرض للضوء الأحمر البعيد يسبب استئفاف الشحوب، إلا أن الفيتوكروم هو المستقبل في هذه الاستجابة أيضا. وظهور اللون الأحمر في جلد الطماطم والنفاخ، وكسر الكوم في براعم بعض النباتات، واستقامة الانحناء في السويقة الجينية السفلى hypocotyl arch عندما تنمو بادرات بعض ذوات الفلقتين فوق سطح التربة (الشكل ٦-١٢) كلها يسببها تأثير الضوء على الفيتوكروم.

في الباب السابق ناقشنا الشيخوخة التلقائية والموت المميز للنباتات الحولية بمجرد اكتمالهم لعملية الأزهار وانتاج البذور والثمار. في بعض الحالات أيضا تكون هذه العملية استجابة لتوقيت ضوئي يلعب فيه الفيتوكروم دورا. نباتات الشبيط التي تعطى ليالى طويلة تبلغ الشيخوخة وتموت حتى إذا انتزعت منها كل البراعم قبل أن تتحول إلى أزهار. ومع ذلك فإذا ما أعطيت هذه النباتات منزوعة البراعم ليالى طويلة متقطعة بالاضاءة فانها تعيش لعدة أسابيع أكثر مما تعيش طبيعيا.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

على الرغم من أن النباتات ليس لها جهاز عصبي فان لها آليات متباينة تستجيب بها للتغيرات التي تحدث في البيئة. فهم يستجيبون لاتجاه الضوء، طول موجته، ومدة التعرض له. وهي أيضا تستجيب للجاذبية الأرضية ولدرجة الحرارة. كل هذه الاستجابات تتطلب وسيلة (مثل الفيتوكروم و أشباه الكاروتينات) لاكتشاف المنبه في البيئة. قد تكون آلية الاكتشاف موجودة في البرعم الطرفي أو الورقة أو أي مكان آخر. بمجرد اكتشاف المنبه، فان هذه النباتات تتطلب نظام اتصال يمكن كل أجزاء النبات من الاستجابة المناسبة للتناسق. ونظام الاتصال بهذا يتكون من عدة مراسلين كيميائيين (مثل الأوكسينات والفلووريجين) ينتقلون مع محتويات اللحاء.

في الحيوانات يلعب المراسلون الكيميائيون دورا هاما في تناسق الأعضاء المختلفة للجسم. هذه المواد هي الهرمونات، وطبيعتهم الكيميائية ونشاطهم هما موضوع الباب التالي.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - لماذا لا يهتم المزارعون بوضع البذور مقلوبة في التربة؟
- ٢ - أذكر ست طرق تؤثر بها الأوكسينات في وظائف النبات سواء في الطبيعة أو تحت تحكم الانسان؟
- ٣ - ماهو اللفظ الذي تصف به انغلاق زهرة زعفران في أحد أيام الربيع الباردة؟
- ٤ - لكل من الاستجابة الاتية في نبات الشيبط أذكر
 - (١) أين وكيف يكتشف المنبة،
 - (٢) أين وكيف تحدث الاستجابة،
 - (٣) كيف تنتقل المعلومات من المنطقة الأولى إلى المنطقة الثانية. أذكر دليلا عمليا يؤيد إستنتاجاتك:
- ١ - التوقيت الضوئي للساق.
- ب - انتاج الأزهار عندما يصبح طول الليل ٨ ساعات على الأقل.
- ج - الانتحاء الأرضي للجذور.

REFERENCES

المراجع

The following three papers have been republished in *Great Experiments in Biology*, ed. by M. L. Gabriel and S. Fogel Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1955:

- 1a. "Sensitiveness of Plants to Light: Its Transmitted Effects". Charles Darwin and his son Francis show that the phototropic response originates in the coleoptile (they call it a cotyledon) tip.
- 1b. "Transmission of the phototropic Stimulus in the Coleoptile of the Oat Seedling". P. Boysen-Jensen shows that a layer of gelatin separating a coleoptile.
2. GALSTON, A. W., and PETER J. DAVIES, *Control Mechanisms in Plant Development*, Foundations of Developmental Biology Series, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1970. Separate chapters devoted to : (a) phytochrome and flowering, (b) ethylene, (c) auxins and tropisms, (d) gib-

berellins, (e) cytokinins, and (f) abscisic acid, dormancy, and germination. Available in paperback.

3. BLACK, M., Control Processes in Germination and Dormancy, Oxford Biology Readers, No. 20, Oxford University Press, Oxford, 1972.
4. RAY, P. M., The Living Plant, 2nd ed., Holt, Rinehart and Winston, New York, 1972. Chapter 9 discusses plant hormones, and Chapter 10 describes the mechanism of photoperiodism.

CHAPTER 27

الباب السابع والعشرون

ANIMAL ENDOCRINOLOGY الغدد الصماء في الحيوانات

INTRODUCTION	١-١٧ . مقدمة
INSECT HORMONES	٢-٢٧ . هرمونات الحشرات
INSECT HORMONES AND PEST CONTROL	هرمونات الحشرات ومكافحة الآفات
RESEARCH TECHNIQUES	٣-٢٧ . طرق البحث
IN ENDOCRINOLOGY	في علم الغدد الصماء
HUMAN ENDOCRINOLOGY	الغدد الصماء في الإنسان
THE THYROID GLAND	٤-٢٧ . الغدة الدرقية
THE PARATHYROID GLANDS	٥-٢٧ . الغدد الجاردرقية
THE SKIN	٦-٢٧ . الجلد
THE STOMACH AND INTESTINE	٧-٢٧ . المعدة والأمعاء
THE ISLETS OF LANGERHANS	٨-٢٧ . جزر لانجرهانز
THE PITUITARY GLAND	٩-٢٧ . الغدة النخامية
THE ANTERIOR LOBE	الفص الأمامي
THE POSTERIOR LOBE	الفص الخلفي
THE HYPOTHALAMUS	١٠-٢٧ . الغدة التيموسية (الهيپوثالاماس)
THE ADRENAL GLANDS	١١-٢٧ . الغدد فوق كلوية (غدد الأدرينالين)

THE ADRENAL MEDULLA	نخاع الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين)
THE ADRENAL CORTEX	قشرة الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين)
THE GONADS	١٢-٢٧ . البراعم التناسلية:
THE TESTES	الخصى
THE OVARIES	المبايض
THE PLACENTA	١٣-٢٧ . المشيمة
THE PINEAL GLAND	١٤-٢٧ . الغدة الصنوبرية
THE KIDNEY	١٥-٢٧ . الكلية
HORMONES AND	١٦-٢٧ . الهرمونات وتوازن وظائف
HOMEOSTASIS	سوائل الجسم (الهيميوستازس)
THE MECHANISM OF ACTION OF HORMONES	١٧-١٧ . ميكانيكية عمل الهرمونات
THE PHEROMONES	١٨-٢٧ . الفيرومونات
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES & PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب السابع والعشرون

الغدد الصماء في الحيوانات

INTRODUCTION

٢٧-١ . مقدمة

لا بد للحيوانات عديدة الخلايا ، مثل النباتات عديدة الخلايا ، من أن تحل مشكلة توافق نشاطات جميع الخلايا المختلفة التي تتكون منها . وتحتاج الحيوانات ، أيضا ، إلى بعض الوسائل والتي يمكن بها للخلايا المختلفة ، الأنسجة ، الأجهزة بالجسم أن تتصل مع بعضها البعض ، بهذه الطريقة فقط يمكن لكل تلك التركيبات أن تعمل سويا بكفاءة .

ويوجد جهازان للاتصال في أغلب الحيوانات ، أحدهما هو الجهاز العصبي (Nervous) وهو يتكون من خلايا متخصصة ، وهي الخلايا العصبية (Neurons) التي تنقل النبضات الكهربائية من جزء من الجسم إلى جزء آخر ، الجهاز الآخر هو جهاز الغدد الصماء (Endocrine) والذي يمكنه التحكم في وظائف الجسم عن طريق مواد كيميائية هي الهرمونات (Hormones) والتي تحمل إلى الدم في جميع أنحاء الجسم . ولا يعمل هذان الجهازان منعزلان عن بعضهما البعض . وكما سنرى في هذا الباب والأبواب التالية ، توجد علاقة وثيقة بين أنشطة هذين الجهازين .

والتعاون الكيميائي في الحيوانات ، مثل التعاون الكيميائي في النباتات ، يتطلب : (١) إفراز مواد كيميائية من الخلايا في السائل الموجود خارج الخلايا (ECF) - (٢) نقل ، بوسيلة أو بأخرى ، هذه المواد ، (٣) تغيير أنشطة الخلايا الأخرى بهذه المواد . ومن المحتمل أن تشارك كل خلية في الكائن عديد الخلايا في التعاون الكيميائي من هذا

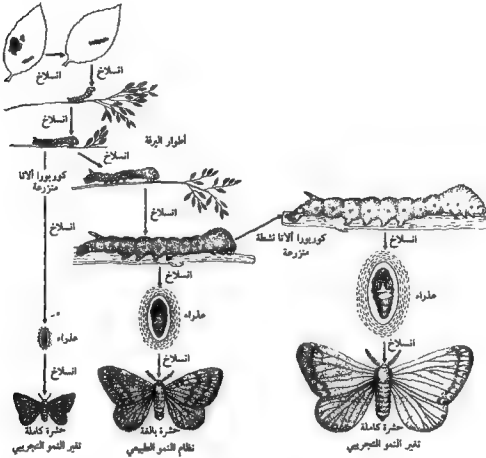
النوع. وفي الواقع، تمت دراستنا لأحد هذه الأمثلة من هذا النوع في فسيولوجيا الحيوان. وتنتج كل خلية في جسمنا ثاني أكسيد الكربون كنتيجة للتنفس الخلوي، ينطلق ثاني أكسيد الكربون هذا في الـ (ECF) ثم يحمل خلال الجسم كله عن طريق مجرى الدم. وعندما يصل الدم الغني بثاني أكسيد الكربون إلى النخاع المستطيل (Medulla oblongata) يتسبب هذا في انطلاق النبضات العصبية إلى الحجاب الحاجز والعضلات بين الضلوع. ولعلك تتذكر (أنظر قسم ٢١-٩) أن المعدل الذي تعمل عنده هذه النبضات يتحكم في معدل وعمق التنفس، وهذه بدورها، تحافظ على مستوى ثابت لغاز ثاني أكسيد الكربون في الدم.

ويوجد سبب يجعلنا نعتقد أن جميع الكائنات عديدة الخلايا تقوم بهذا النوع من التعاون الكيميائي، أي، التعاون الذي يمكن الحصول عليه عن طريق إطلاق مواد كيميائية والتي، ماهي إلا نواتج (By-products) لأنشطة خلايا أخرى. والدليل، على أية حال، ضعيف جدا في هذه النقطة. وبالنسبة إلى الوقت الحاضر، لأجل ذلك، سنضيق نظرتنا إلى هذه التجمعات (Clusters) من الخلايا الخاصة والتي يبدو أن وظيفتها الوحيدة هي إطلاق مواد التعاون الكيميائية في الجسم.

والتجمعات الخلوية هذه ما هي إلا الغدد الصماء، والتي يطلق عليها غالبا اسم الغدد عديمة القنوات نظرا لأن إفرازاتها، وهي الهرمونات، تمر مباشرة إلى الدم الذي يعمل على تصفية الغدد (بدلا من مرور الإفراز في قناة كما هو الحال في الغدد خارجية الإفراز Exocrine glands والتي تمت مناقشتها في قسم ٢٠-٧). وتحمل هذه الهرمونات بعد ذلك إلى جميع خلايا الجسم الأخرى. وفي بعض الحالات، قد تؤثر تلك الهرمونات على أنشطة كل هذه الخلايا، لكن في الغالب، توجه هذه الهرمونات تأثيرها فقط على بعض أجزاء الجسم، وهي الأعضاء المسماة بالهدف "Target". وإلى الآن، تم اكتشاف الغدد الصماء في الحشرات، القشريات، بعض الرخويات، جميع الحيوانات الفقارية.

٢٧-٢. هرمونات الحشرات: INSECT HORMONES

تمت في الحشرات دراسة التحكم والنمو بعناية أكثر من أي نشاط آخر للغدد الصماء. ويسبب هيكلها الخارجي الصلب، يمكن للحشرات أن تنمو دوريا فقط بتزع



الشكل ٢٧-١. في الوسط: مظهر عادي للنمو في دودة الحرير *Bombyx mori*. وهذا التوالي يمكن تقصيره بإبعاد غدتي كوريبورا ألتا (Corpora allate) من اليرقة الصغيرة (إلى اليسار) كما يمكن إطالته بإدخال كوريبورا ألتا نشطة في اليرقة الناعمة النمو (إلى اليمين). ولا يحدث التدمير طالما أن الكوريبورا ألتا تقوم بإفراز كميات ضرورية من هورمون الشباب (هورمون الجوليئنايل Juvenile Hormone).

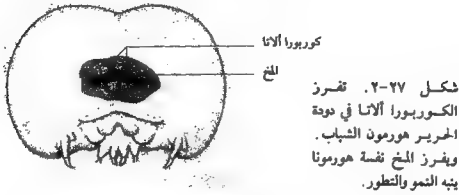
(Hormone)

هذا الهيكل الخارجي بعملية تسمى الأنسلاخ (Molting)، ويتكرر حدوث هذه العملية أثناء فترة نمو اليرقة (Larva) وعند الأنسلاخ النهائي، يصبح الكائن حشرة كاملة (adult)، وفي كثير من الرتب الحشرية، لا يوجد الطور اليرقي الذي سبق ذكره. والتحول المذهل الذي يحدث في تركيب الجسم في تلك الحشرات هو ما يسمى بالتطور (Metamorphosis) الذي يحدث أثناء طور ساكن هو طور العذراء (Pupa). ويوضح الشكل (٢٧-١) أطوار اليرقة، العذراء، الحشرة الكاملة في تطور دودة الحرير المستأنسة (*Bombyx mori*)، ويحدث التطور داخل شرنقة حريرية تغزلها اليرقة البالغة.

وإذا ما نزع جراحيا مخ حشرة *Cecropia* ، وهي إحدى ديدان الحرير العديدة البرية قبل أن تغزل اليرقة شرنقتها ، لا يحدث تكون لطور العذراء ، ولا يكون ذلك ببساطة نتيجة الصدمة بسبب الجراحة ، لأنه إذا ما أعيد إدخال المخ ثانية إلى أي جزء من أجزاء جسم اليرقة ، يستمر التعذير كاللعناد . وفي الحقيقة فإن جزءا صغيرا جدا من المخ - نحو دسيتين من الخلايا (٢٤ خلية تقريبا) هي التي تقوم باللغز . ونقترح هذه التجربة على أن تلك الخلايا الخاصة في المخ تفرز هورمونا ضروريا لحدوث عملية التعذير . ولا يتسبب هذا الهورمون في التنبيه لبدة التعذير مباشرة ، لكن بدلا من ذلك ، فإنه يؤثر في زوج من الغدد الموجودة في الصدر وهي غدد الصدر الأمامي (Prothoracic glands) . وبسبب تأثير خلايا المخ على غدد الصدر الأمامي ، فلقد أطلق اسم بروثورا سيكوتروبيك هورمون (PTTH) (Prothoracicotropic) على هورمون المخ هذا . وعند تنبيهها بالهورمون PTTH ، تفرز غدد الصدر الأمامي هورمونا ثانيا استروئيد (A steroid) يسمى إكديازون (Ecdysone) وهو الذي ينبة مباشرة حدوث الأنسلاخ وتكوين العذراء .

وهذان الهورمونان ، اللذان يعملان سويا ، لا يشجعان الأنسلاخ فحسب من اليرقة إلى العذراء ، لكنها يشجعان أيضا الأنسلاخات السابقة التي تحدث بين اليرقة واليرقة ، وهذا ما يحدث إذن ويكون السبب في التغيير الفجائي الذي يحدث أثناء عملية التطور .

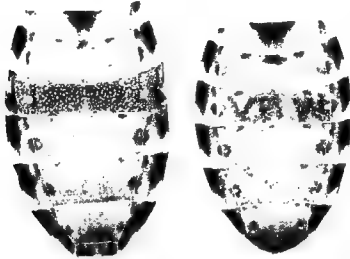
ولقد وجد أنه إذا ما أبعدت غدتان صغيرتان جدا موجودتان خلف المخ ، هما الكوربورا ألانا (Corpora allata) (الشكل ٢٧-٢) من يرقة دودة الحرير الغير بالغة ، فإن الدودة تغزل شرنقة وتدخل في التعذير عند إنسلاخها التالي مباشرة (الشكل ٢٧-١) . وهذا لأن غدتي الكوربورا ألانا تفرزان هورمونا ثالثا والذي يعمل كفرملة (Brake) على عملية التطور . ولطالما وجدت كمية مناسبة من هذا الهورمون ، الذي يسمى بهورمون الشباب - أو هورمون الجوفينايل (Juvenile Hormone JH) فإن هورمون الإكديازون يشجع النمو اليرقي . فإذا ما انخفضت كمية هورمون الشباب ، يشجع الإكديازون تكون العذراء . ويمكن اختبار تلك الميكانيكية جيدا ، فإذا ما أدخلت غدتا الكوربورا ألانا المأخوذتان من يرقة صغيرة لدودة الحرير في جسم يرقة حرير بالغة التكوين ، لا يحدث التطور ، بل ينتج عن الأنسلاخ ببساطة يرقة كبيرة أخرى (أي طور آخر ليرقة كبيرة) (الشكل ٢٧-١) ، إذ أن غدتي الكوربورا ألانا



المأخوذتين من يرقة بالغة ليس لها التأثير المطلوب (أي حدوث التطور). وعلى ذلك فإن التطور يبدو وأنه يحدث عندما ينتهي الناتج من هورمون الشباب (JH) من غدتي الكوربورا ألانا اختياريًا في اليرقة البالغة. ويبدو إذن أن هورمون الشباب هو الذي يكبت الجينات المستولة عن صنع مكونات الحشرة البالغة.

ويمكن توضيح دور هرمون الشباب بتجربة أجراها لأول مرة عالم فسيولوجيا الحشرات الإنجليزي وجلسورث (V. B. Wigglesworth) إذ وجد أن الحشرات البالغة لا تنسلخ في العادة، ولكن إذا ما أدخلت كمية فوق - عادية من PTTH في حشرة بالغة وهي حشرة بقعة الرودنيس (Kissing-bug Rhodnius) فإن تلك الحشرة تنسلخ إجباريًا. وإذا ما عومل الهيكل الخارجي لهذه الحشرة أولاً بهورمون الشباب، فالمناطق التي تأثرت به تعود إلى الشكل اليرقي عند هذا الانسلاخ (الشكل ٢٧-٣)، وبذلك هذا على أن الجينات المستولة عن صنع مكونات اليرقة موجودة في خلايا الحشرة البالغة ولو أن عملها الطبيعي مكبوت.

ونشوء المكونات المميزة لليرقة، ثم بعدها العذراء، وأخيراً الحشرة الكاملة، لا بد أن يحتاج إلى المساهمة المتتالية لمجاميع مختلفة من الجينات داخل خلايا الحشرة. وهذا يجعلنا نسأل مرة ثانية كيف يمكن للجينات أن تنشط أو يكبت عملها بطريقة إختيارية. ولقد إختبرنا في الباب الخامس عشر بعضاً من الأدلة التي تدل على أن الإكدايزون يعدل من التعبير الجيني بتأثيراته المختلفة على نسخ (حفر Transcription) ال (DNA) في (mRNA). وبخصوص هورمون الشباب (JH) فيوجد الدليل على أنه يعدل التعبير الجيني ليس فقط بالتأثير على النفخ (Puffing) الكروموسومي



الشكل ٢٧-٣. تجرية وجلزوث. إلى اليسار: استخدام شريط من هورمون الشباب على جدار جسم البقة البالغة (*Rhodnius*) ينتج عنه تكوين جدار جسم يرقة إذا أجبرت الحشرة على القيام بانسلاخ زائد. إلى اليمين: قام الباحث بطبع أوائل حروف اسمه بهورمون الشباب. (يتصرع من دكتور وجلزوث).

(أنظر قسم ١٥-٣) ولكن أيضا بالتحكم في معدل ترجمة (Translation) جزئيات رسول خاص للـ (RNA).

وفي الأجواء الحارة، تتكون عذارى الكثير من الحشرات في الخريف (استجابة للأيام القصيرة) ويبقى بدون تغيير طوال الشتاء، ولا ينتج هورمون (PTTH) أو هورمون الإكدايزون أثناء فترة السكون أو البيات (Diapause). وعند حلول فصل الربيع، يعود إنتاج هرموني الـ (PTTH) والإكدايزون ويتم التطور وتخرج الحشرة الكاملة من شرنقة العذراء. وفي بعض أنواع الحشرات، لا يحدث إعادة إفراز هورمون الـ (PTTH) إلا إذا تعرضت العذراء أولا إلى فترة من الحرارة الباردة ثم إلى الحرارة الأدفا وكذلك زيادة طول اليوم. وتكتشف الخلايا الموجودة في مخ العذراء في أحد الأنواع الضوء خلال منطقة شفافة في الهيكل الخارجي موجودة فوق المخ مباشرة. وعندما يكون طول اليوم ١٦ ساعة، ينتهى السكون ويتم عندئذ نشوء وخروج الحشرة الكاملة. ولا تكون ظواهر السكون الإجبارى، ومتطلبات البرودة، والتوقيت الضوئي والتي تم لنا دراستها في الباب الأخير، قاصرة على النباتات فقط.

هورمونات الحشرات ومكافحة الآفات: INSECT HORMONES AND PEST CONTROL

يؤدي وجود هرمون الشباب أثناء بعض الأوقات من دورة حياة الحشرة إلى النمو المشوه والموت. وعلى سبيل المثال، فعند رش محاليل تحتوي على هورمون الشباب على اليرقات البالغة، أو على النبات الذي تتغذى عليه تلك اليرقات، يتوقف تكوين العذارى العادية، ولا تنتج الحشرة في الأنسلاخ إلى يرقة كبيرة. وبطبيعة الحال، ينتج عن هذه الطريقة التي تستخدم فيها الهورمونات توزيع غير منتظم بداخل جسم اليرقة بحيث لا تستجيب جميع الأنسجة بطريقة مماثلة. وعلى أية حال، يموت الحيوان (الحشرة) سريعاً. وإذا ما لامس بيض الحشرات ولو أثراً صغيراً من هورمون الشباب يتشوه نموها الجنيني العادي، وأدت هذه الظواهر إلى الاعتقاد بأن هورمون الشباب إذا أمكن تخليقه (تصنيعه) رخيصاً (بأسعار زهيدة) وبكميات كبيرة، يمكن استخدامه كمبيد حشري فعال. ويظهر أنه توجد فرص بسيطة على مقدرة الحشرات لتكوين مناعة ضد مادة هي من إحدى المكونات الطبيعية لأجسامها. كما يبدو أن هورمون الشباب وكأنه ليس له تأثير سام على الكائنات الأخرى (بخلاف المبيدات الحشرية التقليدية مثل زرنیخات الرصاص والـ ددت).

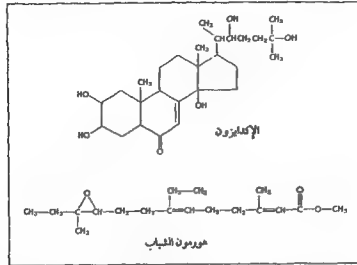
وغدد الكوربورا ألاتا (Corpora allata) في الحشرات صغيرة جداً لاستخدامها كمصدر يمكن إستخلاص هورمون الشباب منها. ولحسن الحظ، فإنه يوجد الكثير من الحشرات التي تفرز هذا الهورمون بعد أن تصبح حشرات بالغة. وفي الإناث، يعتبر هذا الهورمون ضروري لنجاح نمو المبايض، ولهذا السبب، فإن الإناث البالغة التي تستبعد منها الكربورا ألاتا تكون عقيمة. ونسبياً، تتجمع كميات كبيرة من هورمونات الشباب في بطن ذكر فراشة الحرير (البالغة) للدرجة أنها يمكنها أن تزود علماء الكيمياء الحيوية بالكميات اللازمة لتحديد التركيب الكيميائي لهذا الهورمون (الشكل ٢٧-٤) وفي الحقيقة، وجد هؤلاء العلماء ثلاثة جزئيات شديدة التشابه من هذا الهورمون، كل جزئي له نشاط قوى من أنشطة هورمون الشباب. وتركيب هذه الجزئيات بسيط بما فيه الكفاية لدرجة أنه يمكن (بل أمكن بالفعل) تخليقها في المعمل.

وكما إتضح بعد ذلك، عند إستخدام هورمون الشباب تحت الظروف الحقلية، أثبت أنه قليل الثبات جداً لكي يستخدم كمبيد حشري عملي. ولكن بعد معرفة

تركيب هورمون الشباب الطبيعي، لم يستغرق علماء الكيمياء العضوية طويلا لتخليق عدد من المركبات القريبة الشبة هورمون الشباب - و بعض من هذه المشابهات (Mimics) أكثر فعالية بشكل واضح عن هورمون الشباب نفسه، كما أنها أكثر ثباتا ويمكن الحصول على أحد تلك المشابهات تجاريا الآن (للاستخدام ضد البعوض والذباب) وربما سيتبعه تخليق مشابهات أخرى.

وكثير من الافات الحشرية تكون ضارة في طورها اليرقي، وليس كحشرات بالغة. وإزعاج التطور للدودة الطماطم ذات القرن (Hornworm) يرشها بهورمون شباب المخلوق هو عديم الفائدة إذا كانت هذه الدودة قد التهمت بالفعل محصولك من الطماطم. ولكن أحد المنافع التي لم نعطها حقها في الغالب ذات القيمة البحثية البحتة هو أنه كلما زادت معرفتنا عن كيفية عمل جهاز حي، كلما كان موقفنا أفضل للتدخل في هذا الجهاز الحي بطرق مفيدة. ومعرفة الأدوار الحيوية التي يقوم بها الإكديازون وكذلك هورمون الشباب تجعلنا نفترض أنه يمكننا مكافحة الحشرات بالتدخل في عمل هذه الهورمونات، فإذا، على سبيل المثال، أمكن إنتاج مادة ضد - الإكديازون (Anti-ec-dysone) لتمكن تلك المادة إيقاف انسلخ الحشرة ومنعها كلية من تكمل دورة حياتها. وبالنسبة لمضاد هورمون الشباب (Anti-JH) أمكن اكتشاف مادتين من هذا المضاد بالفعل (في نبات معروف بمناعته للأصابة بالحشرات). ولو أن طريقة عمل هذه المواد بالضبط ليست معروفة حتى الآن، لكنها تظهر الأمل في مكافحة حشرات خاصة في أطوار تسبق الأطوار التي يؤثر فيها الرش بهورمون الشباب. وبأستخدامها على أطوار البرقة الأولى لبعض أنواع البق (رتبة نصفية الأجنحة)، فإن مضادات هورمون الشباب هذه تتسبب في حدوث تطور مبكر أو حريص (كالذي يحدث عند إستبعاد غدتي الكوربورا الأنا جراحيا - أنظر الشكل ٢٧-١). ولأجل هذا التأثير، سميت هذه المواد (المضادة هورمون الشباب) بالمواد الحريصة (Precocenes).

ولا تقلل المواد الحريصة للتطور من فترة الطور اليرقي للحشرة فقط، لكن تكون الحشرات البالغة الناتجة مشوهة (بجانب كونها صغيرة الحجم)، وتكون الإناث على سبيل المثال-عقيمة، وهذه دلالة على الحاجة إلى هورمون الشباب للنمو العادي للمبايض، كما يعطينا الأمل أن رش المواد الحريصة على حشرة تصيب المحصول لاتضع حدا لانتهاج المحصول بالبرقات فقط (حيث قامت تلك الحشرة بالتطور الحريص)



الشكل ٢٧-٤ . التركيب النرى للإلكدازون وهورمون الشباب . فالإلكدازون steroid. قارن بين تركيبة وتركيب الكوليسترول (الشكل ٤-٨) والبروجسترون (شكل ١٦-١٥) .

ولكن أيضا يمنع هذا الرش تكوين جيل جديد للحشرة ، أو على الأقل يحد من أعدادها .

٢٧-٣ . طرق البحث في علم الغدد الصماء :

RESEARCH TECHNIQUES IN ENDOCRINOLOGY

تمدنا التجارب التي قادتنا إلى معرفة التحكم الهرموني في الحشرات بصورة رائعة للطرق المستخدمة في دراسة علم الغدد الصماء . والتقنيك الأساسي هو ببساطة كالاني : أولا ، إبعاد العضو الذي يشك في أن له وظيفة هرمونية جراحيا من جسم الحيوان ، ثانيا ، الملاحظة القريبة لأي تغيرات أو أعراض قد تحدث ، ثالثا ، إعادة إدخال الغدة المشتبه فيها في جسم الحيوان لرؤية ما إذا كان وجودها يعكس تلك الأعراض . فإذا حدث وإنعكست تلك الأعراض ، تكون الخطوة التالية هي محاولة تحضير خلاصة فعالة (مزيج) تضاعف من عمل الغدة الغائبة . ولو أن الخلاصة في العادة تستخرج من الغدة نفسها إلا أنه أمكن إستخلاص القليل من الهرمونات من مصادر أخرى مثل البول . (نادرا ما يحتوي الدم على هورمونات كافية يمكن إستخدامها كمصدر) . وأخيرا تجرى محاولة لتنقية المستخلص ومعرفة المادة الكيميائية

الوحيدة به والتي تتسبب في الأعراض المنعكسة، تلك المادة هي الهورمون.

و استخدمت تلك الطرق التكنيكية بنجاح في دراسة علم الغدد الصماء في الإنسان. ولحسن الحظ، فإن الكثير من الهورمونات التي وجدت بالإنسان، وجدت كذلك في الفقاريات الأخرى. لذلك فكلما أمكن القيام بتجارب أكثر جدية على بعض الحيوانات - غالباً كلب أو فأر معمل - كلما زادت الآمال على أن النتائج المتحصل عليها من الممكن تطبيقها على الإنسان. ولأن الفقاريات تشارك في الكثير من نفس الهورمونات فإن ذلك هام للغاية في معالجة اضطرابات الغدد الصماء في الإنسان. وكثير من الهورمونات معقدة جداً في تصنيعها (تخليقها) كيميائياً ويمكن، على أية حال، استخلاصها من غدد الأبقار والخنازير، وغيرها، المذبوحة واستخدامها في معالجة المرضى من البشر.

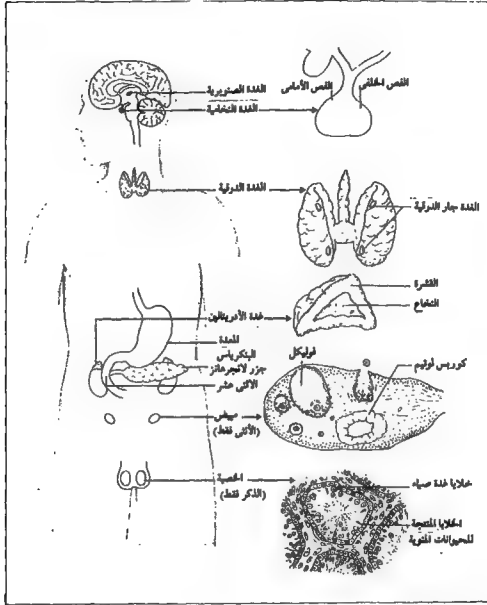
وحقيقة أن تكون الفقاريات عندها هورمونات مماثلة لا يعنى أنه يمكن استخدامها في كل حالة بنفس الطريقة. وكما نقوم بدراسة الهرمونات الموجودة في الإنسان، سنجد أن بعض تلك الهورمونات تختلف وظائفها في الفقاريات الأخرى.

الغدد الصماء في الإنسان : HUMAN ENDOCRINOLOGY

٢٧-٤ . الغدة الدرقية : THE THYROID GLAND

الغدة الدرقية عضو مكون من فصين وموجودة في الرقبة (الشكل ٢٧-٥)، وبالنسبة إلى حجمها، فهي غنية بإمداداتها من الدم. وأهم هورمون تفرزه الغدة الدرقية في الدم هو الحمض الأميني المحتوي على اليود وهو الثيروكسين (Thyroxine) والذي تم عزله من نسيج الغدة و أمكن تخليقه تجارياً، يعكس الحقن به الأعراض الناتجة عن نزاع الغدة الدرقية من حيوانات التجارب.

وفي الإنسان، فإن أوضح وظيفة للغدة الدرقية هي التحكم في معدل التمثيل الحيوي للجسم (Metabolism)، فعند إفراز الثيروكسين، تزداد كمية الحرارة التي ينتجها الجسم. ولأن إنتاج الطاقة هو من وظيفة التنفس الخلوي، فلا بد من أن نتوقع من أن الثيروكسين يعمل على زيادة معدل استهلاك الأوكسجين، تلك هي الحالة وفي



الشكل ٢٧-٥. الغدد الصماء في الإنسان هي نفسها في كلا الجنسين فيما عدا الغدد التناسلية، والتي هي المبايض في الأنثى والخصى في الذكر.

الحقيقة، استخدمت مقاييس استهلاك الأوكسجين لتشخيص الخلل في وظيفة الغدة الدرقية.

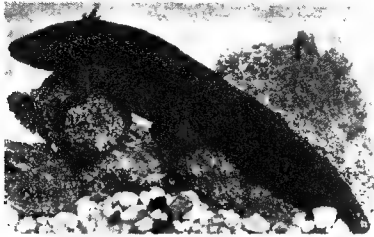
ولقد وجدت وظيفة خاصة للغدة الدرقية في البرمائيات، فتطورها من البرقة إلى الطور الكامل يبدو (يشعله) الثيروكسين. فذا ما أعطى الثيروكسين (أو حتى اليود)

لفرخ الضفدعة (Tadpole) فإنه يبدأ في التطور المبكر إلى ضفدعة ميدجيت (Midget) ، ومن جهة أخرى، فإن إبعاد الغدة الدرقية بعملية جراحية في فرخ الضفدعة يمنعه من التطور.

ولا يحدث لبعض سلالات سلاماندر النمر العادي (Common Tiger Salamander) تطور ابتداء من الطور البرقي الذي يتنفس بالخياشيم إلى الشكل الأرضي الذي يتنفس الهواء الجوي [تصل هذه الحيوانات إلى النضوج الجنسي وتنتج يرقات]. وعلى أية حال، فإن إعطاء الثيروكسين لهذه الحيوانات يجعلها تقوم بالتطور إلى حيوانات سلاماندر النمر النموذجية. ولربما لا يكون من الصدفة أن هذه الحيوانات والمسماة بأشكال الـ (Axolotl) موجودة في البحيرات الجبلية في الجزء الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية وفي شمال المكسيك، حيث توجد كمية قليلة جدا من اليود في التربة والماء (الشكل ٢٧-٦).

وتوجد عدة أمراض تصيب الإنسان مرتبطة بسوء عمل الغدة الدرقية. وعند اعتبار هذه الأمراض، فمن المهم التمييز بين تلك المتعلقة بزيادة إنتاج هورمون الثيروكسين (Hyper-thyroidism) و تلك المتعلقة بعدم إنتاج هورمون ثيروكسين كاف (Hypo-thyroidism).

ويتسبب عدم إفراز هورمون الثيروكسين بكمية كافية قبل البلوغ في ظهور مرض ضعف العقل وتشوه الجسم (Cretinism) وفشل الضحية في الاحتفاظ بالنمو الطبيعي أو العقلي. وسبب هذا المرض غير واضح، ولو أنه أكثر انتشارا في المناطق التي تنقصها كميات كافية من اليود في الطعام، وربما توجد أيضا عوامل أخرى لها علاقة بهذا المرض. وعلى أية حال، فإنه يمكن منع كل أعراض هذا المرض بإعطاء المريض مبكرا وبانتظام هورمون الثيروكسين، وإذا ما تأخر العلاج إلى ما بعد ظهور المرض بشدة، يمكن فقط تأمين بعض التحسن. ويسبب إفراز هورمون الثيروكسين بكمية غير كافية (Hypothyroidism) في البالغين مرض المكسيديما (Myxedema) وأعراض هذا المرض هي انخفاض معدل التمثيل الحيوي، والزيادة في الوزن وغلظة (خشونة) في الملامح. وكما في مرض ضعف الجسم والعقل السابق (Cretinism) ينتشر هذا المرض في المناطق الفقيرة في اليود، ولكن ربما قد توجد عوامل أخرى تتدخل في ظهور هذا المرض أيضا.



الشكل ٢٧-٦. الأكسولوتل (Axolotl) ، سالاماندر يصل إلى البلوغ الجنسي بدون المرور في عملية التطور إلى حيوان يتنفس الهواء الجوى. لاحظ الحياشيم الخارجية (بتصريح من جمعية علم الحيوان في نيويورك).

وتسمى المناطق الفقيرة في اليود في العالم (مثل المناطق الموجودة حول البحيرات العظمى والشمال الغربى الباسيفيكي في الولايات المتحدة الأمريكية) في الغالب بأحزمة تضخم الغدة الدرقية (أو أحزمة الجذرة goiter belts) ويستخدم هذا الاصطلاح لوجود عدد كبير من الأفراد المصابين بمرض الجذرة البسيط في تلك المناطق. ومرض الجذرة هذا هو تورم الغدة الدرقية. ولو أنه يوجد عدم اتفاق عن سبب مرض الجذرة البسيط، إلا أن أغلب الحقائق تشير الى عدم وجود كميات كافية من اليود في الأطعمة. والان فالأغذية الغنية باليود (مثل الأسماك البحرية) تشحن الان إلى جميع أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية كما ينتشر الان تناول ملح الطعام المضاف إليه اليود على مدى واسع، لذلك فان مرض الجذرة البسيط لم يعد الان مشكلة صحية ذات خطورة.

وقد يبدو مستغربا أن تؤدي الكميات الغير كافية من اليود إلى تضخم (وبالتالي زيادة نشاط) الغدة الدرقية، وربما يكون هذا نوعا من التعويض. وبحكم معدل نشاط الغدة الدرقية هورمون آخر هو (TSH) الذي يفرزه الغص الأمامى للغدة النخامية (الشكل ٢٦-٥)، وتسبب زيادة إفراز هورمون (TSH) زيادة كمية الثيروكسين. وعلى أية حال، تثبط الكمية الزائدة من الثيروكسين في مجرى الدم كمية (TSH) المنتجة. وهذا الجهاز الذي يعمل على توازن وظائف سوائل الجسم (Homeostatic) يضمن بذلك موردا منتظما من الثيروكسين. وعلى أية حال، فانه عند عدم وجود كمية كافية من اليود في

الغذاء لتمتكن الغدة الدرقية من تخليق الثيروكسين، تتوقف ميكانيكية التحكم هذه. ولا يتمتع أداء الغدة النخامية، لذلك فهي تنتج كميات أكبر من (TSH) وهذا بدورة، ينبه الغدة الدرقية لزيادة نشاطها بالرغم من وجود يود قليل أو عدم وجود يود بالمرّة واللازم لعملها، وبذلك يزداد حجمها، وينتج مرض الجذرة (تضخم الغدة الدرقية).

٢٧-٥. الغدد الجار درقية (الباراثيرويد) :

THE PARATHYROID GLANDS

الغدد الجار درقية هي عبارة عن أربعة أجزاء دقيقة في السطح الخلفي للغدد الدرقية (الشكل ٢٧-٥)، وأدى هذا الموقع الغير ظاهر بالصدفة إلى إكتشاف أهميتها. والمحاولات الأولى لمعالجة مرض الجذرة بإزالة الغدة الدرقية جراحيا أدت أحيانا إلى ظهور أعراض غير سارة وهي تشنج (تقلص) العضلات و التواء الجسم بحركات فجائية. وبطبيعة الحال، أمكن تتبع هذه الأعراض كما أمكن معرفة أن فقد الغدد الجار درقية هو السبب في ذلك و نتج عن ذلك هبوط في مستوى أيونات الكالسيوم (Ca^{++}) التي تدور في الدم. وكما تعلمنا، تعتبر أيونات الكالسيوم من أهم المحتويات المعدنية في الجسم. وعلاوة على أهمية دور أيونات الكالسيوم في تكوين العظام، فإن وجود مستوى معقول من الكالسيوم في (ECF) ضروري للأداء السليم للجهازين العصبي والعضلي، كما يؤدي المستوى المنخفض جدا لأيونات الكالسيوم في (ECF) إلى ظهور الأعراض المرتبطة بإبعاد الغدد الجار درقية.

وفي عام ١٩٦٠م، أمكن استخراج هورمون نقي كيميائيا، هو هورمون الغدد الجار درقية (PTH) من الغدد الجار درقية للأبقار، وهذا الهورمون هو بروتين صغير (الوزن الجزيئي ٨٥٠٠) يحتوي على ٨٣ وحدة حمض أميني. ويسبب هذا الهورمون التأثيرات التالية: (١) يشجع على إطلاق أيونات الكالسيوم من العظام، (٢) يشجع على امتصاص أيونات الكالسيوم من الطعام في الأمعاء. (٣) يشجع على إعادة امتصاص أيونات الكالسيوم من أنابيب الكلية. ويتسبب عن كل تلك الأفعال زيادة مستوى أيونات الكالسيوم التي تسير في الدم. (يمنع هذا الهورمون أيضا إعادة امتصاص الفوسفات في أنابيب الكلية وبذلك يساعد الجسم في التخلص من زيادة الفوسفات الناتجة عندما يتحلل العظم-فوسفات الكالسيوم - لتزويد الكالسيوم المطلوب).

ويحتاج الحفاظ على مستوى ثابت من أيونات الكالسيوم في (Homeostasis) (ECF) إلى أن يكون نشاط الغدد الجار درقية تحت تحكم متقن، ويكون هذا التحكم مباشرا. فكمية (PTH) المفرزة بالغدد ينظمها مستوى أيونات الكالسيوم في (ECF) وعند هبوط مستوى أيونات الكالسيوم، تنتب الغدد وتفرز الهرمون وبذلك تعيد المستوى الطبيعي لأيونات الكالسيوم، وإذا ما ارتفع المستوى إلى ما فوق المستوى الطبيعي، ينخفض إنتاج الهرمون من الغدد. وهنا، عندئذ، توجد ميكانيكية أخرى مضبوطة جيدا والتي بها تحفظ البيئة الداخلية على ثباتها.

وفي عام ١٩٦١م اكتشف أن استجابة الغدد الجار درقية للزيادة من أيونات الكالسيوم (والاستجابة هي النقص اللاحق في أيونات الكالسيوم) أسرع بكثير عما يمكن حدوثه ببساطة بتوقف إنتاج (PTH) وأدى ذلك إلى اكتشاف هورمون آخر (سمى كالسيتونين (Calcitonin) والذي يعمل ضد هورمون (PTH). وهذا الهرمون الثاني (كالسيتونين) والذي تفرزه الغدد الدرقية يزودنا بميكانيكية تحكمية أخرى إضافية على مستوى أيونات الكالسيوم في (ECF). وإذا، على سبيل المثال، هبط مستوى أيونات الكالسيوم في (ECF) تحت الحدود العادية تنتب الغدد الجار درقية وتفرز (PTH) وهي استجابة بطيئة، على أية حال، ويوجد احتمال أن الجهاز قد يفرز أكثر من اللازم ويصل تركيز أيونات الكالسيوم إلى مستوى مرتفع جدا. وبطبيعة الحال، فإن إنباط الغدد يصحح ذلك تدريجيا، لكن قد يمر بعض الوقت قبل أن يحمّد التذبذب في مستوى أيونات الكالسيوم. وعلى أية حال، فإن إطلاق الكالسيتونين السريع يمنع هذا الإفراز الغزير ويضمن الوصول إلى مستوى ثابت من أيونات الكالسيوم بسرعة أكبر. ونادرا ما يعاني الإنسان من نقص إفراز الغدد الجار درقية (Hypoparathyroidism) ونتجت معظم الحالات في الماضي كنتيجة عرضية وغير مقصودة لإبعاد (استئصال) الغدد الجار الدرقية أثناء جراحة الغدد الدرقية. ويمكن تجنب الأعراض الغير سارة (أحيانا المميتة) لنقص الغدد الجار درقية بنجاح بالإضافة الحذرة لأيونات الكالسيوم إلى غذاء المريض. ويستخدم فيتامين د (D) الذي يضاعف الكثير من وظائف هورمون الغدد الجار درقية بنجاح أيضا في معالجة هذه الحالة.

و أحيانا، تكبر واحدة أو أكثر من الغدد الجار درقية في الحجم وتصبح غزيرة الإفراز. ويتسبب الإفراط في إفراز الغدد الجار درقية (Hyper-parathyroidism) في

ظهور أعراض حادة، فتصبح العظام هشّة، وتضعف، وتتشوّه وتكسر عند أقل ضغط. وتسبب الزيادة الكبيرة في أيونات الكالسيوم في الدم مرور بعض هذه الزيادة إلى البول حيث ترسب مع أيونات الفوسفات وتسبب حصوات الكلى، هذه الحصوات خطيرة لأنها أحيانا قد تسد القنوات البولية. وينتج عن إزالة الغدد المريضة بالعمليات الجراحية في الغالب بعض التحسن.

٢٧-٦. الجلد: THE SKIN

عندما تصطدم الأشعة فوق البنفسجية بالجلد، فهي تطلق شرارة تحول مادة الديهايدرو كولستيرول (Dehydrocholesterol) (أحد مشتقات الكوليستيرول - انظر الشكل ٤-٨) إلى مادة الكالسيفيرول (Calciferol) ويسمى الكالسيفيرول أيضا فيتامين (د) وهو موجود في عدد من الأطعمة التي يمكنها أن تعوض أو تحل محل الجلد كمصدر لهذا الفيتامين. وفي تركيبة الكيميائي وطريق عملة على أية حال، فإنه يقابل كل مقومات الهرمون. وبعد تخليقة في الجلد، ينطلق فيتامين (د) هذا إلى الدم، الذي يحمله إلى الكبد، حيث يحدث له أحد التحورات الكيميائية. ومن الكبد، يذهب الفيتامين إلى الكلية حيث يحدث له التحور الثاني (وهو تفاعل بسرعة وجود PTH) والنتائج التكون هو [١، ٢٥، ديهيدروكسي فيتامين د (1,25-Dehydroxy vitamin D) وهو يسرع امتصاص أيونات الكالسيوم من محتويات الأمعاء. وبهذا يشترك هذا الهرمون مع (PTH) والكالسيتونين في تنظيم التمثيل الغذائي للكالسيوم. وتمنع الكميات الغير كافية من الكالسيفيرول الترسب للكالسيوم في العظام. وإذا ما حدث ذلك أثناء الطفولة، تكون النتيجة حدوث ضعف العظام المشوهة الميزة لمرض كساح الأطفال. وعند الكبر، تؤدي الكميات الغير كافية من الكالسيفيرول إلى ضعف العظام، وهي حالة معروفة باسم Osteomalacia.

٢٧-٧. المعدة والأمعاء: THE STOMACH AND INTESTINE

يوجد في جدر المعدة والأمعاء خلايا غدية صماء واسعة الانتشار، وتفرز تلك الخلايا مجموعة من الهرمونات الببتيدية والتي تؤثر على وظائف الهضم. فالجاسترين (Gastrin) هو عديد الببتيدات يحتوي على ١٧ حمض أميني وتفرزه الخلايا الموجودة في

جدار المعدة ووظيفته تنبيه إنتاج حمض الهيدروكلوريك بواسطة الخلايا الجدارية (Parietal). والسكرتين (Secretin) والكوليستوكينين (CCK - Cholecystokinin) يفرزان بواسطة خلايا موجودة في الأمعاء. وعند وصول تلك الهرمونات إلى البنكرياس، فإنها تنبه إفراز المركبات المختلفة لسائل الهضم البنكرياسي. وفي حالة وصول تلك الهرمونات إلى الكبد والحوصلة المرارية، فإنها تنبه إفراز وانطلاق الصفراء. ويوجد دليل واضح (في القتران) أن (CCK) يرسل إشارة إلى المخ بأنه تم تناول كمية كافية من الطعام وهذه الطريقة تنظم الشهية.

٢٧-٨. جزر لانجرهانز: THE ISLETS OF LANGERHANS

جزر لانجرهانز هي عبارة عن كتل صغيرة من الخلايا مبعثرة في البنكرياس في أغلب الحيوانات الفقارية. ويوجد أكثر من مليون كتلة من تلك الجزر في بنكرياس الإنسان. ولا تتصل خلايا جزر لانجرهانز بالقنوات التي ينصرف فيها العصير البنكرياسي في الاثنى عشر. والجزر، على أية حال، غنية بأوعيتها الدموية.

وكما هي العادة دائماً في العلم، فإن إكتشاف أن جزر لانجرهانز هي غدد صماء قد أتى عن طريق الملاحظة بالصدفة. إذ أنه في عام ١٨٨٩م، حاول الطبيب الألمانيان فون ميرنج (Von Mering) ومينكوفسكي (Minkowski) أن يتعلما أكثر عن وظائف الهضم للبنكرياس وذلك عن طريق ملاحظة المساويء الهضمية التي تنتج بعد استئصال البنكرياس جراحياً من الكلاب. وأثناء دراستهما، لاحظ أحد مساعدي المعمل ذبأباً كثيراً يتجمع بالقرب من بول الكلاب. وإتضح أن البول يحتوي على كمية كبيرة من سكر الجلوكوز، في حين أن بول الكلاب العادية لا يحتوي على هذا الجلوكوز.

ولعدة سنوات فشلت كل المحاولات لاستخلاص الهرمون المنظم للجلوكوز من البنكرياس. وعلى أية حال، ففي عام ١٩٢٢م، نجح الدكتور فريدريك بانتنج (Frederic Banting) في هذه العملية. فالهرمون، الذي سمي بالإنسولين (Insulin) وجد أنه بروتين. فهل يمكنك الآن رؤية لماذا فشل الكثير من العلماء في استخلاصه من التحضيرات الغير نقية لكل البنكرياس؟ ونجح بانتنج فيما فشل فيه غيره بربط القنوات البنكرياسية في كلاب تجارية، وسببت هذه العملية اندثار جزء الإفراز الخارجي (Exocrine)

rine) للغدة بسرعة بينما يبقى جزء الإفراز الداخلي (Endocrine) نشطا. وبعد اندثار (اضمحلال) جزء الإفراز الخارجي هذا، أمكن عمل مستخلصات خالية من الفعل الهاضم للترسين (Trypsin).

ويعمل الإنسولين على خفض مستوى الجلوكوز في مجرى الدم. وفي العادة، يحتوي كل ١٠٠ مليلتر من الدم على نحو ١، ٠ جرام من الجلوكوز. وبعد أكلة غنية من الكربوهيدرات يميل هذا المستوى إلى الارتفاع والذي يتسبب في انطلاق الإنسولين من جزر لانجرهانز، ويمر الإنسولين في الحال إلى الكبد (عن طريق الأوردة البابية الكبدية) حيث يسرع في تحويل الجلوكوز إلى جليكوجين ودهون، ونتيجة لذلك يرجع مستوى سكر الدم بسرعة إلى طبيعته.

وأحد تأثيرات الإنسولين هو جعل خلايا الجسم أكثر نفاذية لدخول الجلوكوز، وبمجرد وجوده داخل الخلايا، فإن الجلوكوز يمكن تمثيلة غذائيا، ولا يوقف هذا التأثير الأكتينومايسين د (Actinomycin D). وعلى أية حال، يمكن للإنسولين أيضا أن ينبه تخليق البروتينات، بما فيها الأنزيمات التي تساهم في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية، ويمكن إحباط هذا التأثير أي (منعة) بالأكتينومايسين د، دلالة على أن إحدى الخطوات على الأقل في عملية التأثير هي نسخ المعلومات الوراثية.

والإنتاج الغير كافي للإنسولين ينتج عنه المرض المعروف بالبول السكري (Diabetes mellitus) ولا يستطيع ضحايا هذا المرض مواكبة زيادة الجلوكوز في الدم بتحويله إلى جليكوجين أو دهون. وأسوأ من ذلك تزداد الأفعال العكسية فيتحول الجليكوجين والدهون بالجسم إلى سكر الجلوكوز الذي يرفع معدل سكر - الدم أكثر، وتفشل انابيب الكلية في الاحتفاظ بغالبية هذه الزيادة من الجلوكوز ولذلك فهو يمر إلى الخارج في البول. وحتى بروتينات الجسم تتحول إلى جلوكوز ثم تخرج إلى خارج الجسم. ويتسبب المستوى المرتفع للجلوكوز في الراشح النفروني في حدوث أثر أسموزي شديد، ومنقصا بشدة حمل الماء ثانية في الدم. ونتيجة لذلك، فإن ضحايا هذا المرض يتبولون على فترات كثيرة ويكون البول غزيرا. وإن لم تتخذ الوسائل الكافية، فإن هؤلاء المرضى يفقدون الكثير، وتتحول أجسامهم تدريجيا إلى فيضان من البول السكري، وطبيعة الحال يتلو ذلك الإغماء (Comma) والوفاة.

ولحسن الحظ ، يمكن الحصول على الإنسولين بكميات كبيرة من الماشية المذبوحة. والتركيب الجزيئي لأنسولينات الحيوانات قريب جدا من تركيب إنسولين الإنسان لدرجة أن إنسولينات تلك الحيوانات قد يمكن استخدامها لمعالجة حالات مرض البول السكري. ولسوء الحظ ، لابد من تعاطي الإنسولين بالحقن أفضل من تعاطية عن طريق الفم . (لماذا ؟) بالرغم من هذه المضايقة فاعطاء الإنسولين لمرضى السكر يعيد التمثيل الغذائي العادي للسكر في الجسم . وبطبيعة الحال ، فإن حقن الإنسولين ليست علاجاً ، فهي ببساطة تزود المريض براحة وقتية من أعراض مرض البول السكري . ومع ذلك فالاهتمام التام بالغذاء والحقن المنتظم بالإنسولين مكنت أكافاً من مرضى السكر أن يعيشوا حياة مفيدة ونشطة .

و بينما كانت فائدة انسولينات الحيوانات المتاحة لا تقدر لمرضى السكر ، فإن استخدامها كانت لها أحيانا أثارا غير مرغوب فيها . فانسولين الأبقار والخنزير يختلف طفيفا عن انسولين الإنسان في تتابع أحماضة الأمينية ، لذلك فانسولين الأبقار وكذلك انسولين الخنزير يعتبران جزيئات غريبة وبذلك يمكنها التسبب في حدوث استجابة مناعية في المريض . ولهذا السبب ، عكف الباحث على إيجاد طرق لتخليق انسولين الإنسان ، واتبعوا أسلوبين في هذا المجال . الأول هو تحويل انسولين الخنزير إلى انسولين الإنسان باستبعاد حمض أميني واحد وهو الذي يميز بين الجزئين وإحلاله بالحمض الأميني الموجود في الإنسان (وهو الذي يميز انسولين الإنسان عن انسولين الخنزير) والثاني هو محاولة تجميع لد (DNA) (أنظر أقسام ١٤-٣ ، ١٤-٦) ، فبالمعلومات الوراثية (cDNA) عن إنسولين الإنسان أمكن عمل مشابها لها وغرسها في البكتيريا *E. coli* ، كما يمكن للبكتريا أن تقوم بتخليق كميات لا بأس بها من هورمون الإنسان ، والمحاولات لأجراء مثل هذه التجارب في طريقها الآن للقيام بها في الإنسان .

ومحظ استخدام الأنسولين بعض الخطورة ، فحقن الأنسولين بعد فترة من التدريبات الرياضية أو بعد مدة طويلة من تناول وجبة طعام قد يعمل على تخفيض مستوى سكر الدم إلى مستويات منخفضة غير طبيعية ، ويكون نتيجة لذلك حدوث فعل مضاد للأنسولين ويصبح المريض عصيبا ومجهدا ، وقد يفقد الوعي . ومن الأهمية بمكان أن يتعلم المشتغلون بمرض السكر الفرق بين أعراض رد الفعل المضاد للأنسولين

والأغماء الناتج عن مرض السكر حتى يمكنهم اتخاذ الإجراءات المناسبة إذا ما حدث أحد الأمرين.

ويسبب الحقن بمستحضرات الأنسولين التجارية في العادة ارتفاع في سكر الدم لفترة وجيزة قبل الانخفاض المستمر الطويل المدى لهذا السكر في الدم، ولقد وجد أن سبب ذلك يرجع الى هورمون ثان في البنكرياس هو هورمون الجلوكاجون (Glucagon) والذي ينبه تحول جليكوجين الكبد الى جلوكوز. وفي الكائن الطبيعي، قد يعمل الجلوكاجون على منع الأنسولين من تخفيض سكر الدم الى مستوى زائد عن الحد. وسرعة افراز وكذلك سرعة عمل هذا الهورمون الثاني يشبط ميل الأنسولين ذو الإستجابة البطأ في الأسراع في عملة (الشكل ٢٧-٧). لذلك فان هذا الهورمون الثاني يلعب دورا هاما في إيجاد مستوى ثابت للجلوكوز في الدم، يشابه هذا الدور دور الكالسيونين.

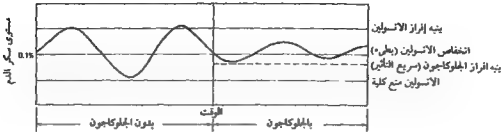
والأنسولين والجلوكاجون يتم تخليقهما وافرازهما بنوعين مختلفين من الخلايا في جزر لانجرهانز. ويوجد نوع ثالث من خلايا الجزر تفرز هورمون السوماتوستاتين (Somatostatin) وهي مادة عديدة الببتيدات والتي تفرزها أيضا خلايا موجودة في الأمعاء. وفي الفأر، فان افراز كلا من سوماتوستاتين البنكرياس والأمعاء يحدث تنبيه بارتفاع مستويات الجلوكوز والدهون في الدم (كما قد يحدث بعد وجبة غذائية). ويحمل الهورمون في الأوردة البابية الى الكبد، حيث يوقف عمل الجلوكاجون. ومن جهة أخرى، فان الكمية المفرزة من السوماتوستاتين تكون قليلة في الحيوان الصائم. وبذلك يعمل السوماتوستاتين كميكانكية أخرى لتنظيم تركيز الجلوكوز في الدم.

THE PITUITARY GLAND

٢٧-٩. الغدة النخامية:

الغدة النخامية عضو في حجم حبة البسلة موجودة عند قاعدة المخ (الشكل ٢٧-٥) وتتكون في أغلب الفقاريات من ثلاثة فصوص: الأمامي، الأوسط، الخلفي. ويوجد الفص الأوسط في مخ الأطفال في الإنسان، لكن عند الكبر تبقى آثار منه فقط.

ولو أنها صغيرة في الحجم، إلا أن الغدة النخامية تلعب دورا حيويا في الترابط الكيميائي للجسم، غالبا ما يطلق عليها اسم الغدة الأستاذ أو السيد أو الربان لان



الشكل ٢٧-٧. تأثير الجلوكاجون على التحكم في الـ Homeostatic لسكر الدم. وإفرازه السريع وعملة السريع أيضا ينشط التذبذب الكبير في مستوى سكر الدم والذي قد يحدث إذا ما كانت الاستجابة البطيئة للانسولين لا يدها من الحفاظ على الـ Homeostasis بنفسها. يفرز الانسولين والجلوكاجون من خلايا مختلفة في جزر لانجرهانز، وهي الخلايا B والخلايا a على التوالي.

الكثير من افرازاتها يتحكم في أنشطة الغدد الصماء الأخرى، وهورمون (TSH) هو مثال واحد تم ذكره من قبل.

الفصل الأمامي:

تم اجراء كمية غير عادية من الأبحاث على الغدة النخامية، وتم عزل ثنائي هورمونات أمكن معرفة تركيبها الكيميائي من الفصل الأمامي بمفرده، والهورمونات الثمانية هي:

١ - هورمون النمو في الإنسان: HUMAN GROWTH HORMONE (GHG)

(GHG) هورمون مكون من سلسلة عديدة الببتيدات يحتوي على (١٩١) حمض أميني كما يدل اسمه، فهو يعمل على انجاح نمو الهيكل العظمي والجسم ككل. ويبدو أنه لا يقوم بذلك مباشرة، لكنه ينه الكبد (وربما الكليتين كذلك) لإفراز هورمون ببتيدي (يسمى سوماتوميدين Somatomedin) يعمل على نمو العضلات، الغضاريف، العظم، الأنسجة الضامة الأخرى.

والهورمون المذكور نشط في هذا المجال فقط أثناء سنى الطفولة والبلوغ وينتج عن نقص افراز هورمون (GHG) في الطفولة إيقاف النمو ويصبح الطفل قزما (Dwarfism) بينما يتسبب الإفراز الزائد للهورمون في أن يكون الطفل عملاقا (Gigantism).

وتفرز الحيوانات الأخرى، مثل الحيوانات المستأنسة كالأبقار والخنازير هورموناً للنمو ولكن، ليس كمثلي الأنسولين بها، فهذا الهورمون غير فعال في الإنسان. وحتى الى وقت قريب، كان الأمل الوحيد لضحايا نقص هورمون (HGH) هو الكمية البسيطة من (HGH) المفروزة من الغدد النخامية في جثث الإنسان. ولكن شكراً للتقدم في طريقة اعادة اتحاد DNA والتي جعلت مستقبل هؤلاء المعذيين يبدو مشرقاً. فالمعلومات الوراثية لهورمون (HGH) أمكن ادخالها (غرسها) بنجاح في المجموع الجيني (Genome) للبكتيريا *E. coli* (في أوبيرون Operon لاكتوز أنظر قسم ١٥-١) وتم صنع كميات كبيرة من بروتين الإنسان بالبكتيريا، يتم تقييم الأثر الفعال والأمان لتلك المادة بالفعل في الإنسان.

ويفرز (HGH) طوال حياة البالغين وخاصة أثناء فترات التدريب أو أثناء ضغوط أخرى. وكانت الوظائف التي يمكن لهذا الهورمون أداؤها أثناء هذه التدريبات أو الضغوط الأخرى موضوعاً للأبحاث المركزة. وكما يفعل أثناء الطفولة، فإن (HGH) يستمر في انجراح مجموعة كبيرة من تفاعلات التجديدات الخلوية داخل الجسم. وللقيام بذلك بنجاح، لابد من وجود هورمون الثيروكسين ويعمل (HGH) كذلك بالتعاون في التأثير مع بعض الهورمونات الأخرى، أي أن وجوده يسرع في أنشطة تلك الهورمونات الأخرى.

(PROLACTIN - PRL)

٢ - هورمون البرولاكتين

يأخذ هذا الهورمون البروتيني اسمه من أحد تأثيراته المعروفة جيداً: تنبيه افراز اللبن بعد الولادة. ولكن للبرولاكتين تأثيرات أخرى خلاف ذلك، فهو يسرع اعادة امتصاص الأملاح (وبالتالي الماء) بواسطة الكلي. وهذا التأثير مشلول عن الاحتفاظ بالسوائل في المرأة قبل حدوث الحيض (Menstruation) مباشرة. ويفرز الرجال كذلك هورمون البرولاكتين، حيث ربما يؤثر في الجهاز التناسلي بعدة طرق. وبالتأكيد، وجد في التجارب على الحيوانات الذكور، أن هذا الهورمون يسرع في نمو غدد الجنس المساعدة (مثل غدة البروستاتا والحوصلات المنوية) وفي افراز هورمون التستوستيرون (Testosterone).

ويوجد البرولاكتين في جميع الحيوانات الفقارية، وهو لاينبه، بطبيعة الحال، افراز

اللبن في الحيوانات الغير ثديية ، لكن بدلا من ذلك يطلق الشرارة لحدوث أنشطة بعض الأفعال الضرورية في بعض الأنواع (Species). ففي بعض الطيور، على سبيل المثال ، يتبع البرولاكتين الحضانه (Broodiness) أي ، الميل للجلوس فوق العش . وفي أحد أنواع سمندل الماء (Newt) يتبع الحيوانات للعودة الى الماء لتضع وتخصب بيضها .

٣ — الهورمون المنبه للغدة الدرقية THYROID-STIMULATING HORMONE (TSH)

يبنه هذا الهورمون الغدة الدرقية لأفراز الثيروكسين . وبالتالي، فان الثيروكسين يعمل على احباط (TSH) وبذلك يوجد وسيلة تحكم في توازن مستوى الثيروكسين في الدم . وحتى الغدة الربان أو الأستاذ لها وسائلها في التحكم (Controls). وكما رأينا في قسم ٢٧-٤ ، يمكن تحطيم هذه الوسيلة، وانتاج كمية زائدة من هورمون (TSH) وتكون النتيجة ظهور مرض الجدره .

٤ — هورمون أدرينوكورتيكوتروبيك ADRENOCORTICOTROPIC HORMONE (ACTH)

هورمون (ACTH) هو بيتيد يحتوي على ٣٩ حمض أميني ، وعمله الرئيسي هو تنبيه قشرة الغدة فوق الكلية لأفراز بعض هورموناتا في مجرى الدم . والدور الحيوي الذي تلعبه هورمونات الأدرينالين في فسيولوجية جسم الإنسان سيتم الأمام به في القسم التالي .

٥ — هورمون تنبيه الفوليكل FOLLICLES - STIMULATING HORMONE (FSH)

يعمل هورمون (FSH) على الباعم التناسلية، ففي الإناث، ينشط هذا الهورمون نشوء الـ (Follicles) داخل المبايض (أنظر قسم ١٧-٧) . وبالأشتراك مع هورمون آخر^٤ من هورمونات الغدة النخامية، وهو (LH) ، فهو يبنه إفراز الأستروجنز (Estrogens) بواسطة الفوليكل (Follicle) وانفصاج البيضة بداخلها .

ويفرز (FSH) في الذكور في الإنسان أيضا، حيث يبنه نشوء أنابيب الحيوانات المنوية وانتاج تلك الحيوانات (الأسبرمات Sperms) (أنظر قسم ١٧-٦) فيجعلها تفرز هورمونات الجنس الذكرية (الأندروجنز Androgens) في مجرى الدم .

٧ - هورمون بيتا - ليوتروپين : BETA - LIPOTROPIN (B - LPH) HORMONE

B - LPH هو بيتيد عديد يحتوي على (٩١) حمض أميني، وتوضح الدراسات المعملية على أنه يسرع التمثيل الغذائي للدهون، ولو أن استطاعته في القيام بدور هام في عملية التمثيل الغذائي للدهون في الإنسان غير مؤكدة حتى الآن.

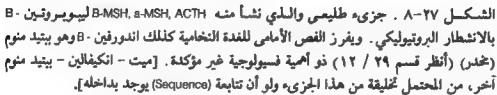
ويتججزى الـ (B - LPH) عن الانشقاق البروتوليتيكي أي هضم الأنسجة البروتينية (Proteolytic) لبروتين طليعي كبير، ويتضمن هذا البروتين الطليعي -Precur (sor) الكبير سلسلة من ٣٩ حمض أميني، والتي عند فصلها عن البروتين الطليعي، ينتج ACTH (الشكل ٢٧-٨).

٨ - الهورمون المنبه للميلانوسايتات : MELANOCYTE - STIMULATING HORMONE (MSH)

أمكن عزل ثلاثة هورمونات منبهة للميلانوسايتات من الغدة النخامية للإنسان. وكل من هذه الهورمونات قطعة ناتجة من نفس البروتين الطليعي والذي ينتج ACTH -LP-، وفي الحقيقة، فإن "a - MSH" هي قطعة (كسرة) من ACTH نفسه، B-MSH قطعة من "B-LPH" (الشكل ٢٧-٨).

ونخلايا الهدف في MSH هي الميلانوسايتات، وهي خلايا تحتوي علي حبيبات الميلانين السوداء، التي يوجد عدد كبير منها في الجلد، حيث تكون مسئولة عن النمش (Freckles) والخلد (الشامات Moles) وصبغة الشمس (Suntan) ولو أن MSH يبدو وكأنه لا يلعب دورا هاما في سلوك الميلانوسايتات في الإنسان، الا أنه تحت حالات خاصة، مثل الحمل، تتسبب الزيادة في افرازه في بعض الأعمقاق (السمره) في الجسم.

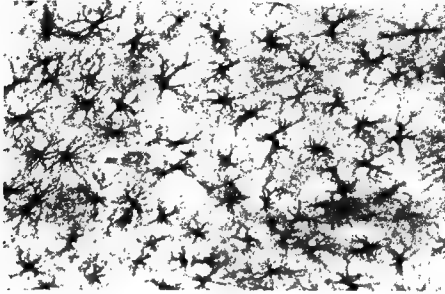
وفي معظم الفقاريات ينتج الـ (MSH) من الفص الأوسط للغدة النخامية ويسبب افرازه الإسمرار الكبير للجلد في الكثير من الأسماك، البرمائيات، الزواحف. ويحدث الإسمرار بسبب انتشار حبيبات الميلانين خلال أفرع ميلانوسايتات خاصة في البشرة. ويوضح الشكل (٢٧ - ٩) تلك الخلايا المسماة ميلانوفورات Melanophores في جلد الضفدعة. وعندما يتجمع الميلانين في مركز الميلانوفورات، يصبح ذو لون فاتح، وعند توزيعه خلال الأفرع، يصبح الجلد أشد سمره (الشكل ٢٧-١٠). ولهذه الميكانيكية



THE POSTERIOR LOBE

الفصل الخلفي:

يبدو أن الفص الخلفي للغدة النخامية لا يستطيع تصنيع أي هورمونات خاصة به



الشكل ٢٧-٩. الميلانوفور في جلد ضفدعة. حبيبات الميلانين متشرة خلال أفرع الخلايا وبذلك يغمق الجلد. والاصطلاح العام لأي خلية محتوية على حبيبات هو الكروماتوفور.

ولكنه ببساطة يخزن تلك المنتجات التي تنتجها خلايا عصبية موجودة في الغدة التيموسية للمخ.

وأمكن عزل هورمونات من الفص الخلفي للغدة النخامية، فالأوكسيتوسين (Oxytocin) عديد الببتيدات وبنية انقباض العضلات اللاارادية (Smooth) خاصة تلك البطننة للرحم. ويلعب افراز هذا الهورمون، ربما بالطفل وكذلك بالأم، دورا هاما في الطفولة. وأحيانا يعطى هذا الهورمون عن طريق الحقن لآسراع عملية الولادة وكذلك اسراع اعادة الرحم الى حجمة الطبيعي. وتفرز الأم الوالدة هذا الهورمون أيضا خاصة اذا ما كانت ترضع وليدها.

ويفرز أيضا هورمون ثان عديد الببتيدات بواسطة الفص الخلفي للغدة النخامية يطلق عليه اسم أنتيديوريتيك (ADH) أو كما يسميه آخرون، فاسوبريسين (Vasopressin)، وللهورمون المذكور (ADH) وظيفتان في الإنسان، فهو يسبب انقباض الجدر العضلية لبعض الشرايين، مما يقلل من تحمل هذه الشرايين وبالتالي يسبب زيادة ضغوط الدم، كما ينه أيضا اعادة امتصاص الماء من انابيب الكلى. وكما ذكرنا من قبل عن وظائف الكلى (انظر قسم ٢٥-٦)، يسبب افراز كمية



الشكل ٢٧-١٠. MSH مؤثر على
الميلاتوفورز مسيبا اسوداد جلد
الضفدعة.

غير كافية من (ADH) فقد كمية كبيرة من الماء عن طريق الكلى، ويطلق على هذا المرض بالأنعدام السكرى (Diabetes insipidus) ويأتى الاسم من اختبار تشخيصى مبكر لهذا المرض. فالبول السميك الناتج بسبب قلة افراز (ADH) يكون مائى جدا وليس له طعم مميز (أي عديم الطعم Insipidus) في حين أن البول الذي ينتجة ضحايانا نقص الأنسولين على أية حال، يحتوي على كمية كبيرة من الجلوكوز وبذلك يكون حلو الطعم (أي Mellitus).

٢٧-١٠. الغدة التيموسية (الهيوثالاماس) THE HYPOTHALAMUS

يدعو موقع ووظيفة الغدة النخامية الى التحقق من أنها تعمل كحلقة ربط حيوية بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء. وتقع الغدة النخامية عند قاعدة منطقة في المخ تسمى هيوثالاماس (Hypothalamus)، ويوجد عصب مباشر يصل الفص الخلفى للغدة النخامية بالهيوثالاماس، ويستقبل الفص الأمامى للغدة النخامية الدم من الهيوثالاماس عن طريق جهاز باي من الأوردة مشابه للجهاز الوريدى الباي الكبدى (أنظر قسم ٢٠-١٠). ولقد تم تحديد أربعة هورمونات عديدة الببتيدات والتي، بعد تخليقها في الهيوثالاماس تذهب الى الفص الأمامى للغدة النخامية عن طريق هذه الأوردة البابية، وأحد هذه الأربعة عديدة الببتيدات، والمسمى بالهورمون المتسبب في

انطلاق الثيروتروبين (Thyrotropin-TRH-releasing Hormone)، ينبه الفص الأمامي للغدة النخامية لأفراز LH (مما يتسبب في تسمية هذا الهرمون بتسمية أخرى وهي : هورمون لوتالينيزنج - الذي يتسبب في إطلاق الهرمون (Luteinizing hormone-releasing hormone LH-RH) والهورمون (FSH) والهورمون الثالث يسمى سوماتوستاتين، كما يعمل على تثبيط إفراز هورمون (TSH) والهورمون الرابع ، وهو العامل المساعد على إفراز الكورتيكوتروبين (Corticotropin-releasing Factor, CRF) فينبه الفص الأمامي للغدة النخامية لأفراز (ACTH).

ويمكن في الغالب تتبع فعل إفراز الغدة النخامية بتأثيره على التنبيه العصبى، فيحدث إفراز (ADH) من الفص الخلفى عندما تكتشف خلايا خاصة موجودة في الهيبوثالاماس انخفاضاً في المحتوى المائى للدم . كما أن إفراز (انطلاق) الـ (ACTH) من الفص الأمامى أثبت أنه يشأثر جزئياً بالنشاط العصبى للهيبوثالاماس ويكون مصحوباً في الغالب بالحالات العاطفية مثل الغضب والخوف وفي الطيور، فإن المؤثرات البصرية مثل إطالة مدة ضوء النهار أو الرؤية المتكررة لعضو من الجنس الآخر، أثبتت أنها تتسبب في الانطلاق الغزير للهورمونات المنبهة للغدد التناسلية في مجرى الدم .

والاتصالات المباشرة للأوعية الدموية والعصبية بين الهيبوثالاماس في المخ والغدة الأستاذ في جهاز الغدد الصماء، وهي الغدة النخامية، تزود الآلة اللازمة لربط هذين الجهازين الرئيسيين المترابطين .

٢٧-١١ . الغدد الفوق كلوية (غدد الأدرينالين) .

THE ADRENAL GLANDS

غدد الأدرينالين عبارة عن عضوين صغيرين موجودين واحدة فوق كل كلية، (شكل ٢٧-٥) وهما غنيان بإمدادتهما من الدم . وكل منهما مكونة من منطقتين واضحتين، المنطقة الخارجية وهي القشرة (Cortex) والداخلية وهي النخاع (Medulla).

نخاع الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين) :

THE ADRENAL MEDULLA

ولو أن نخاع غدة الأدرينالين هي في حقيقتها غدة صماء، إلا أنها تعتبر كذلك جزء

من الجهاز العصبي، يبدو أن خلاياها الأفرازية هي خلايا عصبية محورة. ويفرز النخاع هرمونين يمران الى مجرى الدم. والهورمون الأكثر معرفة من هذين الهرمونين هو هورمون الأدرينالين (Adrenaline) وليس معروفا حتى الان بالضبط ما إذا كان للأدرينالين دورا في التمثيل الغذائي للجسم. وعلى أية حال، فانه يفرز كميات كبيرة من هذا الهرمون في مجرى الدم اذا ما تعرض الكائن لمؤثر خارجي مفاجيء مثل الغضب، الخوف أو الأصابة. وانتشار الأدرينالين في الجسم يشجع أنواعا مختلفة من المؤثرات على الظهور، فيزداد معدل وشدة ضربات القلب، بذلك يعمل على زيادة ضغط الدم، يتحول جزء كبير من امدادات الدم الى العضلات الهيكلية والشرابين الناتجة والكبد والمخ ويرتفع معدل سكر الدم كما يزداد معدل التمثيل الغذائي، تتمدد الشعب (Bronchi) الرئوية للسماح بمرور أسهل للهواء الى ومن الرئتين، يتمدد انسان العين (يرتخي) ويوجد ميل لشعر الجسم بالوقوف منتصبا (ويظهر هذا بوضوح في القطط والكلاب الغاضبة). أما في الإنسان وهو نسبيا عديم الشعر فهو يقوم بدلا من ذلك بحركة ("Gooseflesh") وتقل فترة تجلط الدم، وينبه الفص الأمامي للغدة النخامية لأفراز هورمون (ACTH).

والهورمون الثاني لنخاع غدة الأدرينالين، هو نورادرينالين (Noradrenaline) ويسبب أيضا زيادة في ضغط الدم ويمكنه احداث ذلك بتنبيه انقباض الشرايين.

وعالبا، يمكن ملاحظة أن جميع الاستجابات الجسمية لهذين الهرمونين تهيء الجسم للاستعداد لعمل جسدي عنيف. وكلنا سمعنا عن الأعمال البطولية التي نقوم بها في أوقات الخطر أو عند أية انذارات أخرى. وافراز الأدرينالين والنورادرينالين من نخاع غدة الأدرينالين عملية ميكانيكية هامة لازمة للقيام بمثل هذه الأعمال البطولية.

قشرة الغدة الفوق كلوية (غدة الأدرينالين) THE ADRENAL CORTEX

أمكن استخلاص هورمونات عديدة مختلفة من قشرة الأدرينالين، كلها استيرويدات (Steroids) (أنظر قسم ٤-٦) متشابهة في التركيب الجزيئي ويبدو أنها تتحول مرة من واحد الى الآخر بفعل انزيمى. وتقع تلك الهرمونات في مجموعتين:

١ - الجلوكوكورتيسويدات THE GLUCOCORTICOIDS

أهم أعضاء هذه المجموعة في الانسان هو الكورتيزول (Cortisol) والقريب الشبه له

الكورتيكوستيرون (Corticosterone) وتساعد هذه الهرمونات في تحويل الدهون والبروتينات الى مواد وسطية للتمثيل الغذائي والتي تتحول بدورها الى جلوكوز، على ذلك فهي تسبب ارتفاع مستوى السكر في الدم . وأحد هذه الأعضاء الرئيسية المقصودة كذلك هو الكبد، فاذا ما أعطى الكورتيزول لحيوان تم ابعاد غدد الأدرينالين منه ، يرغب هذا المهورمون الكبد في تخليق عدد من الأنزيمات الخاصة التي تسبب في التمثيل الغذائي للبروتين والكربوهيدرات، يقف هذا الترغيب اذا ما أعطى الأكتينومايسين د (Actinomycin D) قبل الكورتيزول وهذا يدل على أن بعض تأثيرات الكورتيزول يمكن إحداثها بالنسخ الإنتخابي للجينات .

وتعمل الجلو كوكورتيسيدات أيضا على تثبيط الالتهابات في الجسم ، لقد وجدت الجلو كوكورتيسيدات المصنعة استخداما طيبا واسعا في علاج أمراض الالتهابات ابتداء من مرض النقرس (التهاب المفاصل) الى التسمم بنبات أفي السام (Poison-ivy). (ing - ivy).

ونحتاج الى هورمونات الجلو كوكورتيسيدات للحفاظ على الجسم أثناء فترات الشدة بعد الفترة الأولى القصيرة من ضعف الاستجابة المشحونة للأدرينالين، ويبدو أن الاستجابة الثانية التي تدوم طويلا مستقلة تماما عن طبيعة الشدة . والتعرض لدرجات الحرارة الشديدة ، والتسمم والجروح الشديدة بالجسم والأصابة بالأمراض وحتى الهيجان العاطفي كلها تتسبب في حدوث استجابات متتالية . ولقد سمي عالم الغدد الصماء هانس سيلى (Hans Selye) تلك الاستجابات توافق (Syndrome) الملاءمة الشاملة (General adaptation) . وبعد الاستجابة الأولية للأدرينالين، يعترى الجسم نوع من الصدمة "Shock" وينخفض بشدة معدل السكر والملح في الدم كما ينخفض ضغط الدم، ثم تبدأ قشرة الأدرينالين في افراز الجلو كوكورتيسيدات في مجرى الدم استجابة للأفراز الزائد من (ACTH) من الغدة النخامية . ويتسبب في بدء افراز (ACTH) نفسه مايتسمى : (١) الحالة العاطفية للكائن ، (٢) انخفاض مستوى الأستيرويدات في الدم ، (٣) الأدرينالين الذي يفرزه النخاع . وأثناء هذا الطور من الصدمة المضادة (Coun-ter shock) تنعكس أعراض طور الصدمة وتعود الوظائف المختلفة بالجسم الى حالتها الطبيعية أو حتى الى النشاط الفوق-عادي ويدخل الكائن في طور من المقاومة اذ أنه أصبح متلائما مع الشدة (الضغط) .

THE MINERALCORTICOIDS

٢ - الكورتيسويدات المعدنية :

إن الوظيفة الرئيسية لهذه الهرمونات، الذي يعتبر الهرمون الدوستيرون (Aldos-terone) أهم هرمون فيها في الإنسان، هو تشجيع إعادة امتصاص أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد (Cl) في أنابيب الكلى. وليست هذه الأيونات قيمة في حد ذاتها فقط ولكن إبقاؤها في الدم يحفظ ضغطه الأوسموزي مرتفعاً وهذا بدوره يضمن بقاء حجم وضغط الدم عادياً.

ويتم التحكم في معدل إفراز الألدوستيرون بعدة عوامل أهمها هو مستوى الأنجيوتنسين (٢) في الدم. وفي الباب الثالث والعشرين، تم لنا اختبار الوسيلة التي بها يعمل انخفاض ضغط الدم على جعل الكلى تقوم بإفراز الرنين (Renin) الذي بدوره، يؤدي إلى إنتاج الأنجيوتنسين (٢) (أنظر قسم ٢٣-٢٠). والتأثير المنبه للأنجيوتنسين (٢) على إفراز الألدوستيرون يزود بذلك جهاز التغذية العكسية (Feed-back) السلبية والذي به يمكن الاحتفاظ بتركيز الصوديوم في (ECF)، ويسرع كذلك إفراز الألدوستيرون نسبياً وجود (ACTH) ومستوى مرتفع من الكالسسيوم في (ECF).

وتوجد هرمونات الكورتيسويدات المعدنية في فقاريات أخرى أيضاً. وفي كل حالة فإنها تعمل على التحكم في توازن الماء والملح في الحيوان، يختلف الفعل بالضبط، على أية حال، طبقاً للبيئة التي يعيش فيها الكائن. وفي أسماك المياه العذبة تعمل على الحفاظ على الأملاح وعلى فقد الماء، ينعكس هذا الفعل في أسماك المياه المالحة (كالمحار والمحيطات) إذ تنشط الهرمونات إخراج الملح عن طريق الخياشيم وإعادة امتصاص الماء عن طريق الكلى. والأخراج النشط للملح بواسطة الغدد الأنفية (Nasal) في الطيور البحرية والزواحف هو أيضاً بسبب تأثير تلك الهرمونات (أنظر قسم ٦-٤). ولقد تمت دراسة النقل النشط لأيونات الصوديوم بكثافة في خلايا المثانة في فرخ الضفدعة (Toad) حيث تبين أن الظاهرة تعتمد على الترغيب بواسطة انزيم الألدوستيرون للتخليق الأنزيمي في سيتوبلازم هذه الخلايا. وعلى أية حال، فعند إعطاء الألدوستيرون فإنه يتحرك إلى النواه فقط بعد نحو الساعة يزداد انتقال أيونات الصوديوم، تتمتع الاستجابة للألدوستيرون بواسطة أكتينومايسين (د) وهذا يؤيد الفكرة بأن التأثير المبكر للهرمون موجود على الشفرة الجينية.

وتعتبر الجلوكوكورتيكوستيرويدات والكورتيسيدات المعدنية ضرورية للحياة. فتحت الظروف المعملية، تستطيع بعض الحيوانات أن تعيش لمدة أسبوعين بعد إبعاد غدد الأدرينالين منها جراحياً، لكن تجنب حماية تلك الحيوانات من أية ضغوط، إذ أن أقل ضغط من أي نوع يسبب هبوطاً فجائياً في مستويات السكر والأملاح في الدم ويتبع ذلك الموت السريع. ولا يمكن للإنسان أن يعيش حتى تحت أفضل الظروف بدون أدرينالين القشرة، وإذا لم توجد استيرويدات القشرة بالمرّة يأتى الموت في عدة أيام. ويتج عن نقص افراز تلك الهرمونات حدوث مرض أديسون (Addison's disease) وأعراض هذا المرض هي انخفاض ضغط الدم وفقد الشهية وضعف العضلات وتبيلد (خول) عام وإن لم تتخذ الإجراءات الضرورية لتصحيح ذلك يحدث الموت بعد نحو ستين. ولحسن الحظ، فإن إعطاء الاستيرويدات القشرية المصنعة، أو (ACTH) تمكننا اليوم من إعادة المريض الى حياته الطبيعية نسبياً.

THE GONADS

٢٧-١٢. البراعم التناسلية

يملك كل من البراعم التناسلية في الذكر والأنثى (شكل ٢٧-٥) نشاطاً هورمونياً علاوة على وظائفه الأولية في إنتاج الخلايا التناسلية.

THE TESTES

الخصى

تحتوي خصى الذكور على نسيج غدد صماء، وهي الخلايا البينية (Interstitial)، عند تنبيهها بهورمون الفص الأمامى للغدة النخامية (LH) فإن تلك الخلايا تفرز أندروجينات (مثل التستستيرون)، وفي مجرى الدم يبدأ هذا الفعل عند بداية البلوغ. ويلهب التستستيرون نشوء ما هو معروف باسم الصفات الجنسية الثانوية الموجودة في الرجال البالغين (انظر قسم ١٧-٦)، وهو - أي الهورمون - ضروري لأفراز الحيوانات المنوية.

ويمنع نزع الخصى (الخصى Castration) قبل البلوغ نشوء تلك الصفات الجنسية الثانوية، ويختلف استجابة الذكور البالغين جسياً للخصى ولكن عموماً يوجد فقد معقول لخواص الرجولة. وتستخدم الخصى كثيراً في تربية الحيوان للتزود بحيوانات ذات خواص أحسن في لحمها، أو طباع (سلوك) أهدأ. ويطلق على الأبقار والحيل

والطيور المخصبة الأسماك capons, gedling, steers على التوالي.

وبيع عدد من الأندروجينات المصنعة في الأسواق لاستخدامات طبية خاصة ، وتم عرض بعض البراهين على أنه من بين تأثيرات هذه العقاقير الزيادة في الوزن وقوة العضلات. وبالرغم من حقيقة أن الكثير من الباحثين لا يتفقون على وجود تلك التأثيرات، إلا أن استخدام هذه العقاقير الآن وجد طريقة الى بعض الرياضيين وخاصة رافعي الأثقال ولاعبى الجلة ولاعبى كرة القدم المحترفين. ويوجد سؤال جاد ليس فقط عما اذا كان لهذه العقاقير أثر تجديدي للخلايا للدرجة أنها توصف لهؤلاء الرياضيين ولكن أيضا لسلامتهم.

THE OVARIES

المبايض

لاحتوي الفوليكل الناضجة في المبيض على بويضة ناضجة فقط بل تعمل الفوليكل كذلك كغدة صماء. وتفرز الخلايا المساعدة للفوليكل عدة هورمونات استرويدية تسمى استروجنز (Estrogens) ويتم تنبيه تلك الخلايا لأفراز هورموناتا بالتأثير المشترك لهرموني (FSH) و (LH) والذين يفرزهما القوس الأمامى للغدة النخامية.

وللأستروجنز وظيفتان رئيسيتان في جسم الأنثى. الأولى، تنبيه النشوء المبكر عند البلوغ للصفات الجنسية الثانوية (أنظر قسم ١٧-٧) والثانية المساهمة في الاستعدادات الشهرية للجسم لأمكانية الحمل، يشمل هذا استعداد الأندوميتريام (البطانة الداخلية للرحم) لاستقبال الجنين، فتصبح تلك البطانة أسمك وأكثر تزداد بالدم. ولقد تم شرح بعض الأنشطة الجزيئية التي لها دخل في تلك التغيرات في قسم (١٥-٢).

والكورياس لوتيم (Corpus luteum) (والتي تتتح بعد التبويض - أنظر قسم ١٧ - ٧) هي أيضا غدة صماء، بتنبيهها بهورمون (LH) فانها تفرز هورمون البروجسترون (Progesterone) في مجرى الدم، يستمر هذا الهورمون في تجهيز الرحم للحمل ويمنع نشوء أي فوليكول جديدة. وإذا ما حدث الحمل، تستمر الكورياس لوتيم في إفراز البروجسترون. وعلى أي حال، بقرب موعد الولادة يقل إفراز البروجسترون ويحل محله الإفراز الغزير لهورمون الريلاكسين (Relaxin) ويسبب هذا الهورمون الأخير ارتخاء الأربطة (Ligaments) الموجودة بين عظام الحوض، يؤدي ذلك

الى ايجاد عمر مرن للطفل أثناء الولادة.

ويتم افراز الأستروجين نتيجة التنبيه بالهورمونين (FSH) و (LH) بينما يتم افراز البروجسترون نتيجة التنبيه بهورمون (LH) بمفردة. ويعمل كلا الأستروجين والبروجسترون عكسيا على الهيبوثالاماس (Hypothalamus) وذلك يمنع الأخير من افرازها للهورمون الذي يتسبب في افراز الجونادوتروپين (Gonadotropin) والمسمى (GnRH) وعلى ذلك ، يمنع انتاج (FSH) و (LH) من الفص الأمامي للغدة النخامية. وهذه التداخلات الهوميوستاتيكية (Homeostatic) (والمشابهة لتلك الموجودة بين TSH والثيروكسين) تعمل على التوفيق بين انتاج الأستروجين والبروجسترون طبقا لاحتياجات الدورة الشهرية الجنسية. ويزودنا الأستروجين والبروجسترون بالأساس الفسيولوجي لتأثير الحبوب "Pills" كعامل لمنع الحمل. وتحتوي حبة منع الحمل على كلا الأستروجين والبروجسترون المصنعين. ومثل الهرمونات الطبيعية، تعمل هذه المواد على الهيبوثالاماس لمنع افراز (Gn RH) وبالتالي منع انتاج (FSH) و (LH) بواسطة الغدة النخامية (أنظر الشكل ١٧-١٤). وبدون (FSH) و (LH) لا يتم نشوء الفوليكل الطبيعية أو حدوث التبويض. وتمنع الحبة كذلك الخطوات التي تمكن البويضة من التحرك لأسفل في أنبوبة فالوب إذا ما يكون قد تم حدوث الإخصاب، وتزرع البويضة في الأندوميترام (Endometrium) وتتخذ الحبة عادة لمدة ٣ أسابيع ثم يوقف تناولها لمدة أسبوع للسماح بحدوث الحيض الطبيعي.

وعند نهاية سنى انجاب المرأة (سن اليأس أو أمتناع الحيض - Menopause) يقف انتاج البويضات والأستروجين. ويمنع انقطاع الأستروجين فرملته للغدة النخامية، فترز كميات كبيرة من (FSH) في مجرى الدم، تكون عندئذ ميكانيكية التحكم قد تحطمت. ويتسبب ارتفاع مستوي (FSH) في حدوث عدة أعراض غير سارة جسدية وعاطفية، ويعطى كثير من الأطباء الأستروجين في هذا الوقت لإعادة فرض الفرملة (Brake) على افراز (FSH) من الغدة النخامية حتى تتلاشى الأعراض المذكورة.

THE PLACENTA

٢٧-١٣. المشيمة

تتم تغذية جنين الانسان داخل رحم الأم عن طريق الحبل السرى والمشيمة واللذين يصلان الجنين اتصالا غير مباشر بالدورة الدموية للأم. وبعد أيام قليلة من زراعة

البلاستوسيسيت (انظر شكل ١٧-١٧) تبدأ الخلايا التي ستكون المشيمة في افراز الجونادوتروبين الكروني (Chorionic) البشري (HCG) ويشبه عمل هذا الهرمون عمل الهرمونين (FSH) و (LH) ولكن بعكس هذين الهرمونين، فإن الهرمون (HCG) لا يتوقف عند ارتفاع مستويات البروجسترون والأستروجنز. وبذلك فإن (HCG) يجعل الحمل مستمر أبعد نهاية الدورة العادية للحيض. ويزودنا الظهور المبكر لهرمون (HCG) في بول المرأة الحامل بالأساس للاختبار الأكثر شيوعا للحمل.

وينمو المشيمة، تبدأ في افراز الأستروجنز وكميات كبيرة متزايدة من البروجسترون. وفي بداية الأمر، يضاف بروجسترون المشيمة إلى ما تفرزه الكورياس لوتيام من البروجسترون، لكن بعد خمسة أشهر، على أية حال لا نحتاج إلى الكورياس لوتيام، إذ يكون البروجسترون الذي تفرزه المشيمة كافيا للحفاظ على الحمل إلى حين أن يأتي الوقت لولادة الطفل.

THE PINEAL GLAND

٢٧-١٤. الغدة الصنوبرية

الغدة الصنوبرية تركيب صغير بحجم البسلة وملتصقة بالمنخ فوق المخيخ (Cerebellum) مباشرة (شكل ٢٧-٥) وتنتج هذه الغدة هورمونا يسمى ميلاتونين (Melatonin) (nin) وعند حقن هذا الهرمون في الضفدعة، يصبح لون الجلد فاتحا بدرجة ملحوظة إذ أن تأثيره على الميلانوفورز (Melanophores) (شكل ٢٧-١٠) هو عكس تأثير هورمون (MSH)، وفي فأر المعمل والهامستر (Hamster) يمنع الميلاتونين الغدة التناسلية من العمل كمفرزة للجاميطات أو حتى كغدد صماء، ويزداد افراز الميلاتونين في تلك الحيوانات بشكل ملحوظ عند وضع الحيوانات في الظلام ويقل عند تعرضها للضوء. وكثير من الثدييات تكون براعمها التناسلية غير نشطة في الشتاء، ومع زيادة طول النهار في الربيع، تصبح غددها التناسلية نشطة مرة أخرى ويتبع ذلك الجماع. ولربما تعمل الغدة الصنوبرية عن طريق افرازها للميلاتونين، كحلقة وصل ما بين العين والبراعم التناسلية في هذه الإستجابة الضوئية (Photoperiodic). وبالنسبة للإنسان، فإن دور الغدة الصنوبرية مايزال غير واضح.

THE KIDNEY

٢٧-١٥. الكلية

للكلية على الأقل ثلاث وظائف صماء (Endocrine)، وفي قسمي (٢٣-٥،

٢٧-١١) تم اختبار الدور الذي يلعب فيه إفرازها للرينين (Renin) في الحفاظ على ضغط الدم. وفي قسم (٢٧-٦)، لاحظنا أن الكلية تكمل تحويل الكالسيفريول الى أهم أشكاله الفعالة. وتفرز الكلية كذلك هورمون الأريثروبويتين (Erythropoietin) في مجرى الدم، خاصة استجابة لمرض الانيميا، ويعمل هذا الأريثروبويتين على نخاع العظام ليجعله يزيد من إنتاجه من خلايا الدم الحمراء.

٢٧-١٦. الهورمونات وتوازن وظائف سوائل الجسم (الهوميوستازيس) HORMONE AND HOMEOSTASIS

تظهر دراستنا على جهاز الغدد الصماء في الإنسان كنه الأدوار الهامة المتنوعة التي يتم الحصول عليها نتيجة التنسيق الكيميائي. وأغلب (وليس كل) تلك التحكيمات الكيميائية تعمل بطريقة بطيئة نسبياً وشاملة. فالنمو والنشوء والتمثيل الغذائي هي ثلاث عمليات خاصة بالجسم خاضعة للتحكم الهورموني الذي يعمل بالتدريج لفترة معينة من الوقت.

ويلعب جهاز الغدد الصماء أيضاً دوراً رئيسياً في الحفاظ على بيئة داخلية ثابتة. فتركيز كل من السكر والماء والأيونات الملحية المختلفة في (ECF) يتم الحفاظ عليه داخل حدود طبيعية نتيجة العمل الهورموني. ويوجد على الأقل ثلاث تحكيمات ميكانيكية والتي بها تحافظ الهورمونات على توازن وظائف السوائل (الهوميوستازيس) في الجسم وهي:

١ - التحكم في إفراز بعض الهورمونات مباشرة نتيجة الحاجة الى هذه الهورمونات، ويثبت المستوى المرتفع لأيونات الكالسيوم في الدم إفراز هورمون (PTH) بينا ينبه إفرازه المستوي المنخفض لأيونات الكالسيوم هذه كما يؤثر مستوى السكر في الدم مباشرة على جزر لانجرهانز، مشجعا الاستجابة الملائمة لتلك الجزر. ويبدأ الضغط الأسموزي للدم شراًة (بمساعدة الجهاز العصبي) إنتاج هورمون (ADH) أي تعديلته بنفسه.

٢ - في بعض الحالات لابد وان تكون استجابة غدة لمستوى مادة تقوم تلك الغدة بتنظيمها بطيئة، وقد يسبب التأخر الناتج نتيجة للاستجابة تذبذبات غير مستحبة أعلى وأسفل المستوي المطلوب، ويمكن تحسين هذا الموقف عن طريق هورمون ثان يعمل بالتعارض مع الأول. ويزودنا هذا العمل المتعارض لمثل هذه

الأزواج من الهرمونات مثل الأنسولين - جلوكاجون، PTH - كالسيتونين بجهاز للمراقبة والتوازن لإعادة التوازن الهوميوستاتيكي بسرعة بعد أي خلل لـ (أي بعد فقدته لتوازنه).

٣ - الجهاز الثالث للوصول الى التنظيم الذاتي لإنتاج الهرمون يمكن توضيحه بالعلاقة بين (TSH) والثيروكسين. فكلما نبه هرمون إنتاج هرمون ثان، نجد أن هذا الهرمون الثاني يعمل، بدورة، على تثبيط إنتاج الهرمون الأول. ومثال آخر لهذا الجهاز الثالث هو الطريقة التي تحافظ بها المستويات المرتفعة من الأستروجنز على إنتاج (FSH)، هنا ثانية يوجد جهاز تحكم ذاتي (مشابه لعمل ملاحظ على ماكينة مراقبة) للحفاظ على الهوميوستازس (أي على توازن وظائف السوائل بالجسم).

THE MECHANISM OF ACTION OF HORMONES

٢٧-١٧. طريقة عمل الهرمونات :

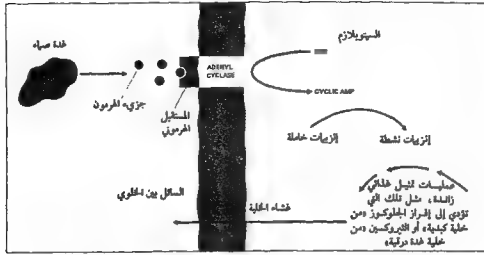
تنتقل جميع هرمونات الإنسان التي قمنا بدراستها في هذا الباب عن طريق مجرى الدم، وبذلك فانها تحمل من الغدة الصماء التي تفرزها الى كل خلية من خلايا الجسم. وفي بعض الحالات (كما في الثيروكسين) تستجيب كل خلية في الجسم لوجود الهرمون. وفي أغلب الأحوال فان بعض الخلايا فقط، وهي الموجودة في العضو الهدف (Target) هي التي تستجيب. ويمكن مقارنة هذا التنظيم بذلك الموجود في محطة اذاعة الراديو، اذ نحن نعيش محاطون بأشعة كهرومغناطيسية من عدد كبير من محطات الإرسال، لكن جهاز الإستقبال المضبوط فقط هو الذي يمكنه الإستجابة لهذه الطاقة. وبفهم الطريقة، فان بعض الخلايا فقط في أجسامنا قد تتنافس على الإستجابة لهرمون معين بدور في الدم.

ولا يمكن غض النظر عن مسألة تنافس الخلايا، فالهرمونات، في حد ذاتها، لا تستطيع انجاز الأعمال المختلفة المكلفة بها. فالهرمونات ببساطة تفرز بداخل خلايا الهدف وتظهر قدراتها للتعامل مع الموقف. فالأنسولين المضاف الى الدم في انبوبة اختبار يكون عديم التأثير على محتويات الجلوكوز، ولكنه في الكائن الحي، على أية حال، يمكن هذا الأنسولين الخلايا من تخفيض مستوى سكر الدم بها.

ولقد لاحظنا خلال هذا الباب أن كثيرا من الهرمونات تضم من بين التأثيرات التي تسببها تنبيه تخليق بروتين، وهذا التأثير في العادة يشبطه اكينونمايسين (د). ونظرا الى الدور الذي يلعبه الأكينونمايسين (د) في منع شفرة DNA (مثل تخليق RNA) يمكننا من أن نستخلص أن هذه التأثيرات الهرمونية تشمل تثبيط الفعل الجيني.

وفي محاولة اكتشاف طرق فعل الهرمون، أصبح واضحا أن هورموناتنا تقع في مجموعتين رئيسيتين. الأولى هي الهرمونات الستيرويدية (Steroid) (مثل الأستروجين، الكلوتيزول، الألدوستيرون، الكالسيوم، والتي تدخل في خلايا هدفها. وفي كثير من الحالات، أمكن توضيح أنه، بمجرد وجوده داخل الخلية، فإن الهرمون يتحرك بسرعة الى داخل النواة مرتبطاً بأحد بروتينات السيتوبلازم. وبمجرد وجوده داخل النواة، فإن معقد الهرمون والبروتين يرتبط مع الكروماتين (على الأقل في حالة الأستروجين، والكورتيزول والبروجسترون - شكل ١٥-٣)، وتحت كل هذه الأحداث على النشاط الجيني. ومحاولة معرفة ماهو الدور الذي تلعبه هذه المعقدات في عملية الترخيب، هو مجال نشاط كبير لأجراء البحوث.

وتكون الهرمونات البروتينية وعديدة الببتيدات (وكذلك الهرمونات المشتقة من الأمحاض الأمينية مثل الأدرينالين) المجموعة الثانية الرئيسية. وهذه الهرمونات (والتي منها الأنسولين، ACTH، PTH، MSH، الجلوكاغون، LH، ADH، TSH) قد ترغب كذلك النشاط الجيني، ولكن ميكانيكيته أثناء العمل مختلف. فهي لا تدخل خلاياها المقصودة (الهدف) ولكن، بدلا من ذلك ترتبط بمستقبلات خاصة موجودة على سطح الخلية. ويعملها هذا، فهي تنشط انزيميا متصلا بالغشاء يسمى أدينابل سيكليز (Adenyl cyc-lase) (الشكل ٢٧-١١). وينشط الأدينابل سيكليز تحول (ATP) في السيتوبلازم الى (AMP) حلقي (الشكل ٢٧-١٢) ويتأثر عدد غير عادي من وظائف الخلايا (اما بتنبيهها أو بمنعها) بارتفاع مستوى (AMP) الحلقي بداخل الخلية. وتعتمد الوظائف الخاصة التي تتأثر في أي خلية من الخلايا على نوع الخلية المشتركة، أي على تاريخها الماضي في التشكل (Differentiation) وبذلك فإن (AMP) الحلقي ينبه الخلايا (B) في جزر لانجرهانز كي تفرز الأنسولين، وخلايا الكلية كي تفرز الرنين، وأيضا خلايا الكبد لتحول الجليكوجين الى جلوكوز، وخلايا الغدة الدرقية لتفرز الثيروكسين، وهكذا. ولقد اكتشف ال (AMP) الحلقي ودوره كرسول ثان في عمل الهرمون بواسطة العالم إيرل



الشكل ٢٧-١١. الميكانيكية المحتملة لفعل بعض الهرمونات. ارتباط الهرمون (الرسول الأول) بمستقبلات معينة على غشاء الخلية يثبته الإنتاج داخل خلية (AMP) الحلقي، الرسول الثاني.

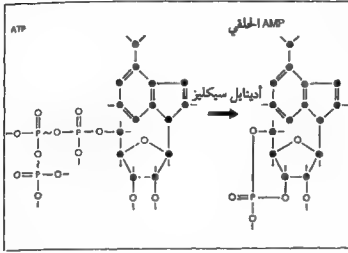
سززلاند (Earl Sutherland) والذي منح في عام ١٩٧١م جائزة نوبل بسبب هذه الاكتشافات.

وبينما يمكن ارجاع الكثير (وليس الكل) من عمل الهرمونات الى النشاط الجيني، فالميكانيكية أثناء العمل هي بالتأكيد أكثر تعقيداً عن تلك المكتشفة في البكتيريا (*E. coli*) وحتى إذا ما تفاعلت بعض الهرمونات مباشرة مع (DNA) فحقيقة أنها يمكنها عمل ذلك فقط في بعض خلايا الهدف (مثل الأستروجين في خلايا الرحم) وليس في غيرها، وهذا يدلنا على أنه يوجد شيء أكثر من ذلك مشترك في العملية. ولقد قررنا أن لكل خلية في أي كائن مكتبة كاملة من المعلومات الوراثية، فلماذا إذن، يمكن لبعض الجينات أن تعبر عن نفسها في بعض الخلايا وليس في البعض الآخر؟ والأجابه غير معروفة ولكن بكل تأكيد هي حصيلة تاريخ الخلية، أي، عملية تشكل الخلية نفسها. وإذا ما تفهمنا في النهاية ميكانيكية التحكم الجيني والتي بها يمكن للخلية أن تتشكل، سنكون أقرب كثيراً الى تفهم تأثيرات الهرمونات المختلفة عليها.

THE PHEROMONES

٢٧-١٨. الفيرومونات :

الهرمونات هي مواد كيميائية يتم افرازها في البيئة الداخلية أي في (ECF) بواسطة الغدد الصماء (Endocrine glands) ويانتقلها خلال الجسم، فهي تنسق الكثير من



الشكل ٢٧-١٢ .
تحويل ATP إلى AMP
حلقي. (ذرات الكربون
موضحة بالألوان،
وذرات النيتروجين
باللون الأسود، وذرات
الهيدروجين بشرط
قصيرة).

أنشطة أجزائه المختلفة. ويؤدي هذا التناسق، من بين أشياء أخرى، إلى تنظيم متلاحم للخواص الكيميائية للبيئة الداخلية وأنشطة أجهزتنا الداخلية.

وفي السنوات الأخيرة، ظهرت مجموعة مختلفة تماماً في تنظيمها الكيميائي والتي نالت الكثير من الدراسة الواعية، تلك هي الفيرومونات (Pheromones). والفيرومونات هي مواد كيميائية تفرز في البيئة الخارجية (External environment) بواسطة غدد ذات إفراز خارجي (Exocrine glands) وهي تزود وسيلة اتصال مع الأفراد الأخرى من نفس النوع (Species).

وفي بعض الحالات، يكون الاتصال فو دهاء. وتحدث الفيرومونات التي تفرزها بعض أفراد النوع ببساطة تغييرات فسيولوجية في الأفراد الأخرى، ولا تؤدي هذه التغييرات في العادة لأي استجابة خارجية مباشرة لفترة من الوقت. فذكر الجراد البالغ في النوع الذي يهاجر ضمن سرب جراد يفرز فيرومونا يسرع، إذا ما اكتشفته الأفراد الغير بالغة من نفس النوع، من نمو هذه الأفراد. وهذا بدوره يسرع الوقت الذي سيتكون عنده السرب المهاجر والذي بعده سيطير هذا السرب في الجو. وتفرز ملكة نحل العسل في المستعمرة (الخلية) مادة تمنع شغالات نحل العسل من نمو مبايضها ووضع البيض. وعلى أية حال، إذا ما قتلت الملكة أو أبعدت عن الخلية، فإن اختفاء فيرومون الملكة يسمح لبعض الشغالة أن تقوم بوضع البيض.

وتم اكتشاف فيرومونات أخرى والتي تشعل الشرارة للبدء في العمل الفوري بمجرد

اكتشافها . وعند اقلاق أي نملة، فهي تفرز من غدد موجودة في رأسها مادة كيميائية طيارة والتي تنتشر بسرعة في جميع الاتجاهات، ويمكن اكتشاف تلك المادة الكيميائية بأفراد النمل الأخرى الموجودة على بعد عدة سنتيمترات من مكان افراز الفيرومون . وتنجذب أفراد النمل بالتركيزات المنخفضة للمادة وتبدأ في التحرك نحو المنطقة ذات التركيز المتزايد . ويقربهم أكثر وأكثر لعش زملائهم الذي تم ازعاجه، تتغير استجابتها إلى استجابة انذار (Alarm)، ويتسبب التركيز الأعلى للفيرومون في جرى النمل بنشاط وهي تعالج سبب الأزعاج وإذا لم تفرز كميات اضافية من هذا الفيرومون، سرعان ما يتشتت النمل . وهذا هام أيضا، إذ أنه بمجرد زوال الطارئ، يمكن للنمل أن يعود بسرعة إلى وظائفه السابقة . ولقد تم اكتشاف العديد من فيرومونات النمل الأخرى ، منها فيرومون تضعه في الأثر (Trail) الفيروموني إحدى الشغالات العائدة إلى العش ومعها غذاء، ويجذب هذا الأثر ويرشد أفراد النمل الأخرى إلى مصدر الغذاء (الشكل ٢٧-١٣)، ويستمر تحديد هذا الفيرومون طالما يستمر وجود المصدر الغذائي، وعندما يبدأ المصدر في التضاؤل، على أية حال، ينتهي عمل الأثر . ويتبخر الأثر الفيروموني بسرعة حتى تتوقف أفراد النمل الأخرى من الحضور إلى الموقع وحتى لا يختلط عليها الأمر بسبب الآثار القديمة إذا ما كان الغذاء موجودا في مكان آخر.



الشكل ٢٧-١٣ . عصاة معاملة بفيرومون الأثر (Trail) لنملة (إلى اليسار) والذي يمكن استخدامه كإثر صناعي يبعثه النمل واحدة خلف الأخرى والذي يخرج من عشة (إلى اليمين). ولا يمكن لأفراد نمل أخرى أن تحافظ على الأثر إلا إذا وضع غذاء عند نهايته (يتصرح من سول ميدنيك، سيانتيك أميريكان).

ولقد وجدت أغلب الفيرومونات المكتشفة حتى الآن في أنواع الحشرات، ولو أن القليل تم اكتشافه في الحيوانات الأخرى. علاوة على ذلك، فإن أحسن جهاز اتصال فيروموني متقن وجد في الحشرات الاجتماعية - النمل العادي والنمل الأبيض والنحل. ويبدو أنه مثلما تفعل الهرمونات في المساعدة على التنسيق بين أفعال الأنسجة والأعضاء والأجهزة داخل الكائن، فالفيرومونات كذلك تساعد على تنسيق أفعال الأفراد التي تكون المجتمع.

والاستجابة للفيرومون هي استجابة لواحد من عدة أنواع من المؤثرات الموجودة في البيئة الخارجية للحيوان. ولأجل اكتشاف المؤثر والقيام باستجابة فورية متناسقة، لابد من وجود الجهاز العصبي. والآن لابد من أن نوجه اهتمامنا إلى الموضوع العام للتنسيق (التوافق) العصبي.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

تتأثر أنشطة خلايا الكائنات عديدة الخلايا بإشارات كيميائية تصل إليها من خلايا أخرى في الكائن. والهرمونات هي مواد كيميائية يدون أنها تعمل كلية كمنسقات للوظائف الخلوية. وتمت دراسة التنسيق الهرموني على وجه الخصوص في الحشرات وفي الحيوانات الفقاريات. وفي كلتا الحالتين، يتم إفراز الهرمونات في الدم بواسطة خلايا خاصة صماء (ذات إفراز داخل الجسم Endocrine).

والخلية التي يمكنها الاستجابة لوجود هرمون معين في (ECF) بها هي الخلية الهدف (Target) لهذا الهرمون. وتعتبر كثير من الخلايا هدفاً لمثل تلك الهرمونات ذات التأثير - العريض مثل الأنسولين والثيروكسين، بينما يكون أحد أو القليل من أنواع الخلايا قادرة على الاستجابة لهرمونات ذات فعل محدد مثل (GnRH) و (MSH). وفي كل حالة فإن قدرة الخلية للقيام بدور الخلية الهدف هو موضوع نوعي للحالة التشكلية (Differentiation) لتلك الخلية.

ولكي تكون خلية هدف، فلا بد من وجود مستقبلات بتلك الخلية تكون قادرة على ارتباط بجزء الهرمون، ونتيجة لذلك، تنبه تغيرات فيولوجية بداخل الخلية. وتنشط مستقبلات الهرمونات البروتينية والبيبتيدية انزيم أديناتيل سيكليز (Adenyl Cyclase).

(ase) والذي، مثل مستقبلات الهرمون، يندمج في غشاء الخلية. وتنشيط انزيم الأدينيل سيكليز بسبب الارتباط الهرموني يرفع مستوى (AMP) الحلقي في الخلية، والذي بدوره، ينبه أنشطة التمثيل الحيوي المميزة للخلية.

وترتبط الهرمونات الأمثرويدية بمستقبلات في سيتوبلازم خلايا هدفها. ويدخل معقد الاستقبال الهرموني (Hormone-receptor complex) النواة، حيث ينظم التعبير الجيني المشترك في الوظائف الخاصة لتلك الخلية بالذات.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل :

- ١ - لخص الوسائل التي تساهم في التحكم في مستوى سكر الدم في الجسم.
- ٢ - العلاج بالجلوكوكورتيكويدات (Glucocorticoid) في الطفل غير مرغوب فيه لأنه قد يتبع عنه تقزم حاد في النمو. ما هي الوسيلة المستولة عن ذلك؟
- ٣ - لماذا يفضل إعطاء الأنسولين بالحقن بدلا من الفم؟
- ٤ - كيف يؤثر كل مما يلي في كمية وتركيب البول المتكون في الإنسان :
(أ) زيادة افراز ADH
(ب) قلة افراز الأنسولين،
(ج) شرب كميات غزيرة من الماء؟
- ٥ - ماهي الغدد الصماء التي يتحكم فيها افراز غدد صماء أخرى؟
- ٦ - ماهي أوجه الشبه التي تجدها بين علاقة الأعضاء في كائن من الكائنات وعلاقة الأفراد في مجتمع من المجتمعات؟
- ٧ - كيف يحدث الاتصال بين أجزاء الكائن ؟
- ٨ - كيف يحدث الاتصال بين أجزاء مجتمع من المجتمعات ؟
- ٩ - ماهي أهمية السكون (البيات) في الحشرات ؟
- ١٠ - قارن بين الوسائل والتي بها . (أ) ينظم الجسم تركيز الماء في الدم،
(ب) الحفاظ على درجة حرارة ثابتة في منزلك .
- ١١ - ميز بين الأنشطة الجزيئية والتي تحدث عند التفاعلات التالية مع خلايا هدفها :
(أ) هورمون عديد الببتيد أو بروتيني ،
(ب) هورمون استيرويدي

REFERENCES

المراجع :

- 1 - WIGGLESWORTH, SIR VINCENT, Insect Hormones, Oxford Biology Readers No. 70, Oxford University Press, Oxford, 1974.
- 2 - TATA, J. R., Metamorphosis, Oxford Biology Readers, No. 46 Oxford University Press, Oxford, 1973. Considers both amphibians and insects.
- 3 - NOTKINS, A. L., "The Cause of Diabetes," Scientific American, Offprint No. 1450, November, 1979.
- 4 - RASUMESSEN, H., and M. M. PECHET, "Calcitonin," Scientific American, Offprint No. 1200, October, 1970.
- 5 - LOOMIS, W. F., "Rickets," Scientific American, Offprint No. 1207, December, 1970. Explains why calciferol should be considered a hormone rather than a vitamin.
- 6 - BANTING, F. G., and C. H. BEST, "The Internal Secretion of the Pancreas," Great Experiments in Biology, ed. M. L. Gabriel and S. Fogel, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1955. A description of the method by which insulin was finally isolated. This work, for which Banting shared a Nobel prize, led ultimately to the development of insulin therapy for diabetics.
- 7 - GUILLEMIN, R., and R. BURGUS, "The Hormones of the Hypothalamus," Scientific American, Offprint No. 1260, November, 1972. Describes the evidence for the existence of several hypothalamic hormones that regulate secretion of anterior-lobe hormones.
- 8 - WURTMAN, R.J., and J. AXELROD, "The Pineal Gland" Scientific American Offprint No. 1015, July, 1965.
- 9 - PASTAN, I., "Cyclic AMP," Scientific American, Offprint No. 1256 August, 1972.
- 10- RANDLE, P. J., and R. M. DENTON, Hormone and Cell Metabolism, Oxford Biology Readers, No. 79, Oxford University Press, Oxford, 1974. With emphasis on the activities of cyclic AMP.
- 11- HOLLOBLER, B., "Communication between Ants and their Guests," Scientific American, Offprint No. 1218, March, 1971. Including the role played by pheromones.

CHAPTER 28

الباب الثامن والعشرون

عناصر التوافق العصبي

THE ELEMENTS OF NERVOUS COORDINATION

THE THREE COMPONENTS OF NERVOUS COORDINATION	٢٨-١ . المكونات الثلاثة للتوافق العصبي
THE REFLEX ARC	٢٨-٢ . القوس المنعكس
THE NEURON	٢٨-٣ . الخلية العصبية
THE NERVE IMPULSE	٢٨-٤ . النبض العصبي
THE SYNAPSE MECHANORECEPTORS	٢٨-٥ . نهاية العصب المستقبلات الميكانيكية
TOUCH AND PRESSURE	٢٨-٦ . اللمس والضغط
HEARING	٢٨-٧ . السمع
EQUILIBRIUM	٢٨-٨ . التوازن
PHOTORECEPTORS	المستقبلات الضوئية
THE COMPOUND EYE	٢٨-٩ . العين المركبة
STRUCTURE OF THE HUMAN EYE	٢٨-١٠ . تركيب عين الإنسان
DETECTION OF LIGHT	٢٨-١١ . اكتشاف الضوء
HEAT RECEPTORS	٢٨-١٢ . المستقبلات الحرارية
CHEMORECEPTORS	المستقبلات الكيميائية

TASTE	٢٨-١٣ . الذوق
SMELL	٢٨-١٤ . الشم
INTERNAL CHEMICAL RECEPTORS	٢٨-١٥ . المستقبلات الكيميائية الداخلية
MAGNETO RECEPTORS AND ELECTRORECEPTORS	٢٨-١٦ . المستقبلات المغناطيسية والمستقبلات الكهربائية
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب الثامن والعشرون

عناصر التوافق العصبي

يختلف التوافق العصبي عن التوافق الهرموني (افرازات الغدد الصماء) بأنه أسرع وعامة أكثر موضعياً في فعلة. ويمكن التوافق العصبي الكائن للاستجابة السريعة للتغيرات الخارجية وكذلك الداخلية للبيئة. وهذا بعكس جهاز الغدد الصماء، الذي، كما نعلم، ينصب أساساً على التغيرات الداخلية ولو أن كلا النباتات والحيوانات تقوم بالتوافق الكيميائي بمساعدة هرمونات منقولة، إلا أن التوافق العصبي هو من خواص الحيوانات فقط.

٢٨-١. المكونات الثلاثة للتوافق العصبي

THE THREE COMPONENTS OF NERVOUS COORDINATION

تحتاج قدرة الكائن للاستجابة للتغيرات في بيئة إلى وجود ثلاثة مكونات مختلفة. الأول، لا بد من وجود مستقبل منه، هو مركب قادر على اكتشاف نوع معين من التغير (Change) في البيئة وبدء إشارة النبض العصبي في الخلية العصبية والذي يتصل بها. وأعضاء الحس عندنا هي مستقبلات منه. وبأغلب الحيوانات مستقبلات لقوي ميكانيكية (المستقبلات الميكانيكية) وكيميائية (المستقبلات الكيميائية). وبعض الحيوانات، مثل الحمام، حساسة للمجالات المغناطيسية، البعض الآخر منها، مثل الأسماك الكهربائية، يمكنها اكتشاف المجالات الكهربائية الضعيفة.

والمكون الثاني في الاستجابة العصبية والتوافق يتكون من موصلات (Conductors) النبضات وهي الأعصاب نفسها. وتتكون الأعصاب من حزم من الألياف الباعثة

(المسببة) تسمى الاعصاب (Axons) بنفس الطريقة التي يصنع بها كابل التليفون والمكون من حزم من الاسلاك. والاليف العصبية هي امتدادات طويلة من خلايا خاصة هي الخلايا العصبية (Neurons) ويوجد نوعان من الخلايا العصبية تكونان معظم الاعصاب، الخلايا العصبية الحسية (Sensory Cells) والتي تنقل النبضات من مستقبل المؤثر إلى الجهاز العصبي المركزي وهو المخ والحبل الشوكي، والخلايا العصبية الموصلة (Motor Cells) التي تنقل النبضات العصبية الموصلة من الجهاز العصبي المركزي إلى الجزء من الجسم والذي سيقوم بأداء العمل المطلوب منه.

وفي القليل من الحالات، تنقل الخلايا الحسية نبضاتها مباشرة إلى الخلايا العصبية الموصلة، وتكون الوصلة بينهما موجودة في الجهاز العصبي المركزي. وفي اغلب الاوقات، تمر النبضات من الخلايا العصبية الحسية خلال واحد او اكثر من الخلايا العصبية البينية (او الرابطة) (Interneurons) قبل وصولها في النهاية إلى خلية عصبية موصلة. ويتكون الجهاز العصبي المركزي من الملايين من تلك الخلايا العصبية البينية، ويزودنا تركيبها المعقد في الواقع بعدد غير محدود من الطرق التي تسافر عن طريقها النبضات خلال الجهاز العصبي المركزي. وهذا، بدوره، يمكن انتقال مجموعة كبيرة مختلفة من التفاعلات المعقدة بطريقة متوافقة. وإذا ما قورنت الاعصاب بكابلات التليفون، يجب مقارنة الجهاز العصبي المركزي بلوحات التحويل (Switchboards) في التحويلات التليفونية.

ويتكون المكون الثالث في التوافق العصبي من المؤثرات (Effectors) وهي مركبات تقوم ببعض الافعال استجابة للنبضات التي تصلها عن طريق الخلايا الموصلة. واهم المؤثرات في الانسان هي العضلات والغدد (الخارجية والداخلية الافراز).

وستحدث في هذا الباب عن خواص الخلايا العصبية، ثم بعد ذلك سنقوم بدراسة الانواع المختلفة للمستقبلات التي تبدأ النبضات في الخلايا العصبية الحسية. وفي الباب التالي، سنتناول بالدراسة ترتيب الخلايا العصبية في الاجهزة العصبية المركزية والسطحية. وسيخصص الباب الثلاثون لموضوع العضلات وبعض المؤثرات الاخرى. وسنبحث في الباب الاخير من الجزء السابع كيفية تداخل جميع مكونات التوافق العصبي لانتاج السلوك.

THE REFLEX ARC

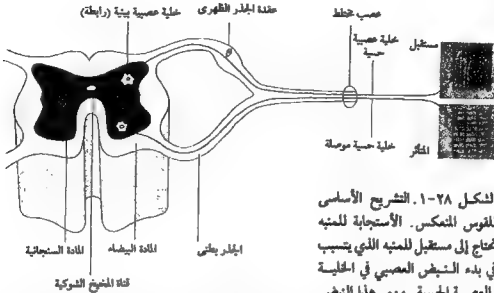
٢٨ - ٢. القوس المنعكس

ان أبسط وحدات الاستجابة العصبية هي القوس المنعكس. والخلية العصبية في الفرد هي الوحدة التركيبية للجهاز العصبي، ولكن القوس المنعكس هو وحدة الوظيفة. ويمكننا توضيح القوس المنعكس بملاحظة ما يجري عندما تلمس فرن ساخن إذ تجذب يدك بعيداً، تسمى هذه الاستجابة السحب المنعكس (Withdrawal Reflex) ولكي تتم تلك العملية لابد من حدوث الأفعال التالية:

- ١ - اكتشاف المؤثر بمستقبلات في الجلد.
- ٢ - وهذه تسبب بدء النبضات العصبية في الخلايا العصبية الحسية الذاهبة من تلك الخلايا إلى الحبل الشوكي.
- ٣ - تدخل تلك النبضات الحبل الشوكي وتسبب بدء النبضات في واحدة أو أكثر من الخلايا العصبية البينية (أو الرابطة).
- ٤ - تسبب الخلايا العصبية البينية النبضات في الخلايا العصبية الموصلة المناسبة.
- ٥ - عند وصول تلك النبضات إلى الوصلة الموجودة ما بين الخلايا الموصلة و العضلات تنبث العضلات (و المسماه بالعضلات المرنة Flexors) كي تنقبض وعندئذ تنسحب يدك.

ويحتاج السحب الكفء للبد كذلك إلى منع بعض العضلات في ذراعك (العضلات القابلة للامتداد Extensors) من العمل، ويتأتى ذلك بواسطة الخلايا العصبية البينية المانعة الموجودة في الحبل الشوكي. فعند تنبيه تلك الخلايا البينية بالخلايا العصبية الحسية، وتقوم بمنع الخلايا العصبية الذاهبة إلى العضلات القابلة للامتداد عن العمل.

ويمكن مشاهدة الأساس التركيبي لتلك الوظائف في الشكل (١٨-١) ولو أن هذا الشكل مبسط لدرجة كبيرة جداً عما يحدث بالفعل. فتتظم الخلايا العصبية الحسية والبينية والموصلة ليس نموذجاً بسيطاً (١ : ١ : ١)، إذ أن أي خلية عصبية حسية تنقل النبضات إلى العديد من الخلايا العصبية البينية، خلية عصبية بينية واحدة قد، بدورها، ينتج عنها عدة مثاث من الخلايا العصبية الحسية والبينية. وقد يتجة كذلك أكثر من ألف خلية عصبية بينية (وبعض الخلايا العصبية الحسية) إلى خلية موصلة



الشكل ٢٨-١. التشرح الأساسى
للقوس المنعكس. الاستجابة للمنبه
تحتاج إلى مستقبل للمنبه الذي يتسبب
في بدء النبض العصبي في الخلية
العصبية الحسية. ويمر هذا النبض

عادة إلى واحدة أو أكثر من الخلايا العصبية البينية (الرابطة)، ثم إلى خلية عصبية موصلة التي تقود
النبض إلى العضو المراد استجابته إلى هذا النبض. ويؤدي هذا العضو الأخير الاستجابة المطلوبة
منه. وتمر النبضات الآتية كذلك إلى خلايا عصبية بينية مائنة وهذه تمنع الأعصاب الموصلة إلى
الأعضاء المذكورة والذي قد يتداخل عملها مع النبض.

واحدة. وهذا الاتصال المتداخل المتعدد هو الذي يجعل السلوك المتقن والمعقد والمرن
ممكنا. وفي الإنسان، وبكل تأكيد في كثير من الحيوانات الأخرى، يجعل هذا الاتصال
المتداخل المتعدد امكانية الدراية بجميع الاحساسات التي نعتبرها.

THE NEURON

٢٨-٣. الخلية العصبية

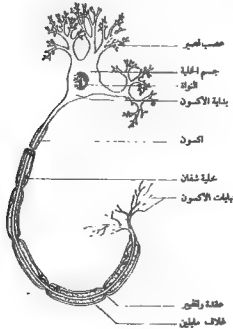
الخلية العصبية هي ببساطة خلية متخصصة في توصيل نبضات كهربائية كيميائية
لسافة طويلة. ويمكن اداء هذه الوظيفة عن طريق امتدادات شعرية سيتوبلازمية هي
الالياف العصبية (Axons). وفي حيوان كبير كالحصان، قد يصل طول العصب
(الاكسون Axon) نحو ١-٢ مترا ولو ان قطرة يبلغ نحو عدة ميكرومترات فقط. وينمو
هذا العصب (الاكسون) من جسم الخلية (Cell body) الذي يحتوي على النواة. ويستج
عن تلف جسم الخلية دائما موت تلك الالياف العصبية.

وقد تكون طول بعض هذه الالياف العصبية كبيرا لدرجة انه يصعب رؤية كيف
يمكن لجسم الخلية هذا ان يظهر عليها اي نوع من التحكم الحيوى. ومع ذلك فانه

يوجد نقل مستمر للمواد من جسم الخلية إلى داخل طول الاكسون بأكمله. وربما يساعد سريان تلك المواد وجود العديد من الانابيب الدقيقة (انظر قسم ٥-١٦) الموجودة في السيتوبلازم بداخل العصب. ويوجد كذلك الدليل على ان العصب يستقبل المواد من خلايا مساعدة، تسمى خلايا شفان (Schwann Cells) والتي تقع على مسافات منتظمة على طول الالياف العصبية ومحطة بها عمليا (ولكن ليس كلية) (الشكل ٢٨-٢).

وفي كثير من الخلايا العصبية، تنشأ النبضات العصبية في ألياف قصيرة متفرعة تسمى (Dendrites) وكذلك في جسم الخلية، ثم تسير النبضات بعد ذلك على طول زائدة عصبية فردية هي العصب (الاكسون). ويتفرع العصب في الغالب عدة مرات قرب نهاية (الشكل ٢٨-٢).

وكثير من الزوائد العصبية (الاكسونات) يغطي كل منها بغلاف دهني لامع، هو الغلاف المايليني (Myelin Sheath) الكثير الالتفاف حول العصب والذي يتكون من غشاء خلية شفان المحيطة بالعصب. وعندما يقابل غشاء خلية شفان غشاء خلية شفان اخرى، يكون العصب غير محمي، وهذه المنطقة الغير محمية والمسماة بعقدة رانفيير (Ranvier node) vier node تلعب دورا هاما في تكاثر النبض، كما سنرى بعد قليل.



الشكل ٢٨-٢: تركيب خلية عصبية موصلة تم حذف معظم العصب (أكسون).

وتركيبها وكذلك وظائفها ، يمكن وضع الخلايا العصبية في ثلاث مجاميع واضحة :

١ - الخلايا العصبية الحسية : SENSORY NEURONS

تجري الخلايا العصبية الحسية من الأشكال المختلفة للمستقبلات الحسية (والتي سنتناقش فيما بعد في هذا الباب) إلى الجهاز العصبي المركزي (المخ والحبل الشوكي)، تعمل تلك المستقبلات على بدء النبضات العصبية والتي تسافر بعدئذ بطول الخلية العصبية الحسية وتوجد أجسام الخلايا العصبية الحسية في مجاميع (عقد عصبية ganglia) بجوار الحبل الشوكي ، كما تنتهي الزوائد العصبية الطويلة (Axons) عند خلايا عصبية بينية .

٢ - الخلايا العصبية البينية (الرابطة) : INTERNEURONS

توجد الخلايا العصبية البينية كلية بداخل الحبل الشوكي والمخ ، يتم تنبيهها بنبضات تصل إليها من الخلايا العصبية الحسية او من خلايا عصبية بينية أخرى . وتسمى الخلايا العصبية البينية كذلك بالخلايا العصبية الرابطة (Association neurons).

وتكون الخلايا العصبية البينية الصلة في مسار جميع التوافقات العصبية (Coordination) تقريبا . ويزودنا العدد الهائل من الخلايا العصبية البينية في جهازنا العصبي المركزي (عدة بلايين على الأقل) والعدد الذي لا يمكن تصوره من الوصلات المتقاطعة بينها بعدد حقيقي لاحدود له من الدوائر المحتملة لنبضات العصبية الممكن تنبؤها .

٣ - الخلايا العصبية الموصلة MOTOR NEURONS

ترسل الخلايا العصبية الموصلة النبضات من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات والغدد والتي سيتج عنها استجابة الجسم . وغالبا ما يتم تنبيه تلك الخلايا العصبية الرابطة بالخلايا العصبية البينية ولو انه في بعض الحالات ، تمر النبضات مباشرة من الخلايا العصبية الحسية إلى خلية عصبية موصلة .

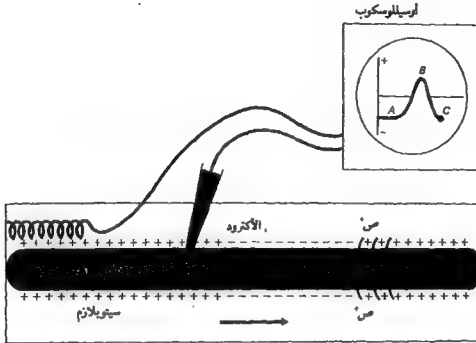
THE NERVE IMPULSE

٢٨-٤. النبض العصبي

امكن باستخدام الكترودات دقيقة ومسجلات حساسة (الشكل ٢٨ - ٣) دراسة الخواص الكهربائية للخلايا العصبية. والاكترود الدقيق عبارة عن ابرة مجوفة مملوءة بمحلول يمكنها من توصيل الكهرباء. فاذا ما غرسنا الابر في خلية عصبية، يمكننا ان نكتشف ان داخل الخلية العصبية له شحنة سالبة بالمقارنة بخارجها ويعادل حجم هذه الشحنة (احيانا تسمى الجهد الساكن - Resting Potential) نحو ٧٠ ملليفولت (٧٠ م ف) ، يمكن الاحتفاظ بهذه الشحنة فقط طالما كانت الخلايا العصبية تقوم باكسدة بطيئة ولكن غير منقطعة للجلوكوز لانتاج (ATP). ويستخدم (ATP) للنقل النشط لايونات الصوديوم من داخل الخلية العصبية إلى السائل الموجود خارج الخلايا (ECF) وايونات البوتاسيوم من السائل خارج الخلايا (ECF) لعشرة أضعاف تركيزها في السيتوبلازم وكذلك تركيز ايونات البوتاسيوم في السيتوبلازم إلى عشرة امثالها الموجودة في السائل خارج الخلايا (ECF).

وتخلق هذه التغيرات في التركيز ميلا شديدا لأيونات البوتاسيوم كي تنتشر خارج الخلية العصبية ولأيونات الصوديوم كي تنتشر إلى داخل الخلية العصبية. وغشاء الخلية العصبية الساكنة (الموجودة في حالة راحة) غير منفذ لمرور ايونات الصوديوم. وعلى اية حال، تنتشر ايونات البوتاسيوم للخارج، عند حدوث ذلك، يصبح داخل الخلية العصبية سالب الشحنة بالنسبة إلى خارجها. وعندما تصل الشحنة عبر غشاء الخلية إلى نحو ٧٠ ملليفولت، تصل العملية إلى نقطة التوازن. ويتوازن ميل أيونات البوتاسيوم للانتشار إلى الخارج بسبب تركيز تدرجي (gradient) بواسطة الجذب الكهربائي بين هذه الايونات الموجبة الشحنة وبين تلك السالبة الشحنة بالداخل.

وعلى اية حال، إذا ما كانت الشحنة قوية بما فيه الكفاية، يستمر عدم الاستقطاب إلى النقطة التي ينخفض فيها إلى نحو - ٥٠ ملليفولت. وعند تلك القيمة، والمساءة بالبدية او المداخل (Threshold)، تزداد بشدة نفاذية الغشاء لانسياب ايونات الصوديوم فتتساب ايونات الصوديوم إلى الداخل بقوة، فتلغي الشحنة كلية. وفي الحقيقة، تخلق ايونات الصوديوم طلقة زائدة (Overshoot) وقتية حيث يكون داخل الغشاء الان شحنة موجبة (الشكل ٢٨ - ٣) .



الشكل ٢٨-٣: النبض العصبي في الخلية العصبية الساكنة (في حالة الراحة) يكون داخل غشاء العصب (أكسون) ذو شحنة سالبة إلى الخارج (A) وبمرور النبض العصبي (B) تتمكس الاستقطابية. ثم يعمل سريان أيونات الصوديوم للخارج على سرعة إعادة الاستقطابية العادية (C) وفي اللحظة التي صور فيها هذا الشكل، فالنقطة المتحركة والتي تثبت تلك التغيرات على شاشة الأوسيلوسكوب كلما مر النبض خلال الأليكترود الموجود داخل الخلايا، موجودة عند الموقع C.

والدخول الفجائي لأيونات الصوديوم عند نقطة التنبيه في الغشاء هي الخاصية التي تدعو إلى الاعجاب وهي زيادة نفاذية المناطق المجاورة للغشاء لأيونات الصوديوم. وبناء عليه، فإن الطريقة تتكرر باستمرار على طول الخلية العصبية، يعمل كل جزء من الخلية على بدء استقطاب المنطقة المجاورة لها (الشكل ٢٨ - ٣) والموجبة الاستقطابية الناتجة والتي تكتسح الخلية العصبية هي النبض العصبي (Nerve impulse) التي تسمى أيضا بجهد الفعل (Action Potential) (AP).

وفي الخلايا العصبية المغلفة (Myelinated) يحدث الاستقطاب فقط عند عقد رانفيير. وعلى أية حال، يخلق الاستقطاب عند عقدة واحدة قوة جهد مولدة فورية عند العقدة التالية والتي تؤدي إلى استقطابها. إذن فالنبض العصبي يقفز بسرعة من عقدة إلى أخرى. ولهذا السبب، فإن الألياف الطويلة (Axons) المغلفة تؤدي النبض العصبي أسرع من الألياف العصبية الغير مغلفة.

وقوة جهد الفعل هي من خواص الخلية العصبية نفسها، ولا علاقة لها بقوة المنبه، وطالما أن المنبه يزيد عن بداية (Threshold) الخلية العصبية بقليل، «تشتعل» الخلية العصبية، ولا يمكن أن يفعل المنبه الأقوى أكثر من ذلك ونحن نقول أن إستجابة الخلية العصبية تكون كل - أولا شيء. وعلى أية حال يجب العلم ان المنبه القوي قد يتسبب في ظهور عدد اكبر من النبضات في وقت محدد عن المنبه الضعيف.

وتختلف الجهود المولدة (generators) وكذلك جهود الفعل (Action) في اشياء عديدة، على خلاف جهود الفعل (والتي هي كل - او - لاشيء)، ونجد أن الجهود المولدة متدرجة، اي ان، حجم الجهد المولد يتناسب مع حجم المنبه، كما تختلف الجهود المولدة كذلك عن جهود الفعل في انها ليست ذاتية التكاثر. وتقل بسرعة قوة الجهد المولد على مسافات متزايدة على طول الغشاء من النقطة التي تم تخليق (حدوث) الجهد المولد عندها.

ولا تجب مقارنة النبض العصبي بانسياب التيار داخل سلك، فالطريقتان غير متشابهتان. ففي الحالة الاخيرة، يسير النبض الكهربائي خلال سلك بسرعة الضوء، في الخلية العصبية يتحرك الفعل الكهربائي الكيميائي ببساطة بطول الخلية العصبية. وحتى في اسرع خلية عصبية في جسمنا، تتحرك هذه الموجة من الاستقطاب بسرعة اقل من ٣٠٠ كيلومتر / ساعة، وتعتبر هذه بالطبع سرعة كبيرة ولكن طبعا لا يمكن مقارنتها بسرعة الضوء (٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر / ثانية).

وتشبيه أفضل للنبض العصبي هو فتيل خيط الألعاب النارية، فعند اقتراب عود ثقاب محرق لنهاية الفتيل، يكون قد تم الوصول إلى مدخل الفتيل وتبدأ الشرارة في المرور بطول الفتيل. وتأتي الطاقة لهذه الحركة من طاقة المواد الكيميائية المخزنة في الفتيل نفسه وليس من طاقة عود الثقاب المحترق، كما لا يوجد ضعف في الشرارة مع المسافة التي تقطعها، وإذا ما تفرع الفتيل تسافر الشرارة بقوة لا تنتهي بطول كل فرع (لا يوجد مثل هذه الحالات في الدوائر الكهربائية).

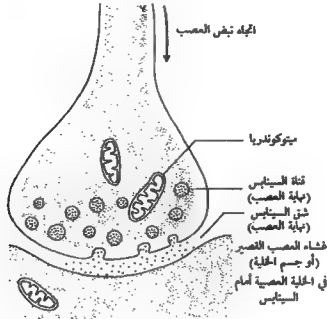
وإذا ما طبق منبه ثان على خلية عصبية بعد اقل من ٠,٠٠١ ثانية من المنبه الاول لا يحدث هذا المنبه الثاني اي نبض، اذ يكون الغشاء عديم الاستقطاب ويقال عن الخلية العصبية انها في فترة تمرد (Refractory period). وفي بعض خلايانا

العصبية ، تظل فترة التمرد هذه لمدة ٠,٠٠١ - ٠,٠٠٢ ثانية فقط ، وهذا يدل على ان الخلية العصبية يمكنها نقل ٥٠٠ - ١٠٠٠ نبضة كل ثانية . ويعاد استقطاب خلايا عصبية اخرى ، وخاصة تلك الموجودة في الحيوانات ذوات الدم البارد ، اكثر بطئا ، فعند اعادة تواجد استقطاب قوته ٧٠ ملليفولت ، تكون الخلية العصبية مستعدة للاشعال "Fire" ثانية . وتحدث اعادة الاستقطاب بالانتشار السريع لايونات البوتاسيوم من داخل الخلية إلى السائل (ECF) (الشكل ٢٨ - ٣) . وفقط عند راحة الخلية العصبية اخيرا تكون ايونات الصوديوم التي دخلت عند كل نبضة قد تم نقلها بنشاط إلى خارج الخلية . ومقابل كل ايون صوديوم يخرج يدخل ايون بوتاسيوم ، وبذلك يتم الحفاظ على الاستقطاب الطبيعي .

THE SYNAPSE

٢٨-٥ . نهاية العصب

تسمى النقاط التي تتلامس فيها نهايات عصب (اكسون) خلية عصبية مع نهايات عصب خلية عصبية اخرى سينابس (synapses) وتتفخخ نهاية كل عصب لتكون عقدة او انتفاخ (Knob) (الشكل ٢٨ - ٤) . وتسمى الخلية العصبية التي تنتهي بعقدة سينابسية بالخلية العصبية امام السينابسية (Presynaptic neuron). كما تسمى الخلية العصبية التي يوضح عليها الانتفاخ بالخلية العصبية خلف السينابسية (Postsynaptic neuron) ويحتوي الانتفاخ على مادة كيميائية والتي تفرز عند وصول فعل جهدي في الشق الضيق السينابسي او الفجوة . وعند النهايات العصبية (Synapses) الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي ، تكون هذه المادة ، هي الاستايل كولين (Acetylcholine (ACh) ويقلل تجمع الاستايل كولين في الفجوة السينابسية حجم الجهد الواقع على الغشاء تحت الفجوة السينابسية بزيادة لنفاذية هذا الغشاء لايونات الصوديوم . ويسمى هذا التحول بالجهد المثير مابعد السينابسي (EPSP) (Excitatory postsynaptic potential) ويتصرف هذا الجهد الاخير مثل الجهد المولد (generator potential) فاذا ما وصل استقطاب الغشاء إلى بدايته ، يبدأ جهد الفعل فورا في الخلية العصبية خلف السينابسية . وبذلك يعمل (ACh) كناقل كيميائي للنضبات العصبية . ولان الاعصاب القصيرة المسلة (Dendrites) لاتفرز ناقلات كيميائية ، فان اي جهد عملي يمر عبر الخلية العصبية من العصب (الاكسون) إلى تلك الاعصاب القصيرة يموت عند السينابس ، وبذلك يعمل السينابس كصمام يسمح فقط لسريان



الشكل (٢٨-٤) . تركيب عام للنهاية العصبية (Synapse) وصول النبض عند الانتفاخ السيّنابس يسبب مادة كيميائية مثانية (مثل الأسيتايل كولين) للخروج في الشق السيّنابس . عند النهايات العصبية (Synapses) التي تم تمييزها، تمنع تلك المادة استقطاب غشاء الخلية العصبية الموجودة أمام السيّنابس . عند الـ synapses المثانة، المادة المفرزة (الأسيتايل كولين) تزيد من استقطاب الخلية العصبية أمام السيّنابس . وفي كلتا الحالتين، تجرد الأنزيمات المادة الكيميائية (الأسيتايل كولين) بعد إزالتها مباشرة، وبذلك تحافظ على إعادة السيّنابس إلى حالته الأولى.

النبضات العصبية في طريق واحد.

ويحدث النقل الكيميائي للنبض العصبي خلال السيّنابس أيضاً في الجهاز العصبي المركزي ، ولكن كان من الصعب الوصول إلى التعرف الموجب للمواد المسؤولة. ويتكون انزيم استايل كولين (ACh) من أربعة أحماض أمينية (حمض الجلوماتيك ، الجلوسين ، حمض الاسبارتيك ، حمض جاما أمينوبيوتيريك - GABA) وأربعة مشتقات أحماض أمينية (نورا درينالين ، سيروتونين ، دوبامين ، هستامين) وكلها تنشأ في عملية تخليق مادة النورادرينالين من الحمض الأميني تيروسين ، ويتم تخليق السيروتونين من الحمض الأميني تريبتوفان .

ويوجد أيضاً دليل على أن بعض عديدات الببتيد قد تعمل كناقلات (Transmit- ters) وأحدى أقوى هذه المواد المرشحة لذلك هي المادة عديدة الببتيد والتي تحتوي على

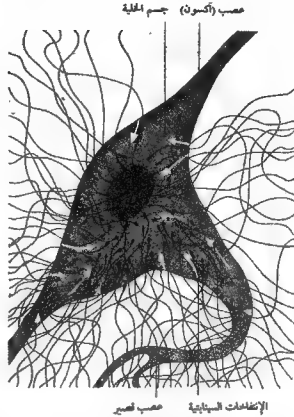
أحدى عشر (١١) حض اميني - والمسماة المادة أ والتي يبدو انها مادة ناقلة عند نهايات الخلايا العصبية الحساسة المؤدية إلى داخل الحبل الشوكي والتي قد تقوم بوظيفة مماثلة في المخ .

وتتمتع النبضات التي تصل إلى الانتفاخات السيנابسية لبعض الخلايا العصبية البينية في الجهاز العصبي المركزي عدم استقطاب الخلايا العصبية والتي تتقابل معها عند السيנابس. كما ان المادة الكيميائية الناقلة المستخدمة في تلك الحالات (الجليسين ، GABA) تبدو انها تبدي فعاليتها بزيادتها لنفاذية غشاء الخلية العصبية لأيونات الكلوريد . وبمجرد انتشار أيونات الكلوريد (Cl^-) هذه إلى داخل الخلية العصبية، يصبح داخل الخلية أكثر سلبية (في الشحنة) بالنسبة إلى خارجها . ويطلق على هذا الاستقطاب الزائد للغشاء الخلف سيנابسي بالجهد المانع الخلف سيנابسي (IPSP - Inhibitory Postsynaptic Potential) الذي قد تصل قوته إلى ٨٠ ملليفولت . والخلية العصبية والتي حدثت لها عملية فوق استقطاب بسبب تأثير مادة ناقلة مانعة تبدو وإن لها بداية او مدخل متزايد ، اي ، تصبح الخلية أقل سهولة في تنبيهها . وبالفعل ، فان فولت المدخل او البداية Threshold (نحو ٥٠ ملليفولت) لم يتغير . والأمر ببساطة هو عما إذا كان عدم الاستقطاب الناتج من السيנابسات المهيجة ناقصة (Minus) التأثير الفوق إستقطابي للسينابسات المانعة يمكن ان يصل إلى هذه القيمة أولا .

وقد يكون خلية واحدة بنية او خلية واحدة موصلة الاف من الانتفاخات السينابسية المنتهية على اعصابها القصيرة (Dendrites) وعلى جسم الخلية (الشكل ٢٨ - ٥) . وبعض من هذه الانتفاخات تفرز موادا ناقلة مهيجة ، لكن بما انها تعمل على تخليق (EPSP) بما يعادل ٥ ، ٠ ملليفولت فقط ، فلا يمكن لسينابسي مهيج واحد ان يولد فعلا في الخلية العصبية بعد السينابسية . وعلى اية حال ، إذا ما وجد عدد (وليكن ٤٠) من السينابسات المهيجة الفعالة فوراً ، فان (EPSPs) التي تقوم بتخليقها تضاف إلى بعضها البعض وربما تستطيع الوصول إلى بداية الخلية العصبية ما بعد السينابسية ، او إذا ما تكرر نشاط عدة سينابسات مهيجة فقط في فترة زمنية بسيطة فان (EPSPs) يتجمع وربما يصل إلى تلك البداية او المدخل (Threshold) (الشكل ٢٨ - ٦) .

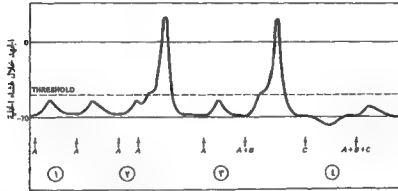
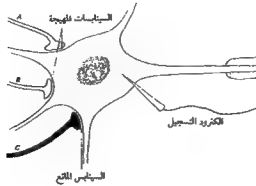
وتعمل السينابسات المانعة بنفس الطريقة ، فالتنبيه السريع والمتكرر لكثير منها ينتج

الشكل ٢٨-٥. الأعصاب القصيرة (Dendrites) وجسم الخلية خلية عصبية موصلة في الإنسان والتي قد تحتوي على نحو ٥٠٠٠ خلية عصبية بينية خارجة منها. وبعض من هذه تفرز مواد مهيجة عند السيناپس. والبعض الآخر تفرز مواد مائعة. وكثير من النبضات للمهيجة (المثيرة) لا يند من أن تصل إلى الخلية العصبية الموصلة فورا لكي تعمل على بدء نبض عصبي بداخلها. ولا يند من زيادة العدد اذا ماوصلت النبضات المائعة إلى الخلية الموصلة في نفس الوقت.



عنه تجمع (IPSPs) الناتجة في كل منها. وإذا اشتعلت الخلية العصبية خلف السيناپسية ام لم تشتعل فهذا يعتمد على التوازن ما بين جميع الـ (EPSPs) والـ (IPSPs) التي تحدث (تنشأ) على سطحها.

وقد تسأل ايضا لماذا لا يمكن لعدد قليل من السيناپسات المهيجة الموجودة على احد الفروع العصبية القصيرة (Dendrite) ان تخلق جهد الفعل هناك بالرغم من الاشارات الكثيفة المائعة الموجودة على فرع عصبي قصير اخر. قد يوجد هذا، ولكن الكثير من الخلايا العصبية تمتلك الة جيدة يمكنها بها ان تجعل جميع الاشارات المهيجة والمائعة التي تصل اليها ان تتأزج (تتداخل) مع بعضها البعض. وتسمى النقطة التي يخرج من عندها الفرع العصبي الطويل (الأكسون) من جسم الخلية Axon Hillock (اي تل الأكسون) (الشكل ٢٨ - ٢) ، وجزء غشاء الخلية المغلف لتل الأكسون هذا له بداية (Threshold) اقل من بداية الغشاء المغلف لجسم الخلية والفروع العصبية القصيرة (Dendrites) وغشاء تل الأكسون هو مكان توليد جهد الفعل (Action Potential) في الخلية العصبية. وبما انه ليس به ذاتيا سيناپسات مهيجة او مائعة ، فان



الشكل ٢٨ - ٦. تأثير الجهود السينابسية للمهجمة (EPSPs) والجهود المانعة الخلف سينابسية (IPSPs) على حدوث جهود الفعل (Action) في خلية عصبية. (١) الـ EPSP الذي يحدث سينابس واحد هائج لا يكفي للوصول إلى بداية الخلية العصبية. (٢) الـ EPSP الذي يحدث على التوالي بسرعة، على أية حال، يتجمع سوياً، فلذا ما وصلوا إلى البداية يزداد جهد الفعل (٣) الـ EPSP الذي تحدثه سينابسات منفصلة (B, A) يمكنها أن تتجمع سوياً للوصول إلى البداية. (٤) تنشيط السينابسات المانعة (C) يقلل من الجهد الساكن للخلية العصبية. والـ IPSP الذي يحدث قد يمنع كذلك ما قد يكون فعالاً من EPSPs بسبب بدء جهد الفعل. في العادة، يكون عدد EPSPs الذي نحتاج إليه للوصول إلى البداية (Threshold) أكبر من الذي نراه هنا في الشكل.

تل الأكسون هذا يكون في موقع تقييم الصورة كاملة لكلا (EPSPs) (IPSPs) التي تنشأ في الأفرع العصبية القصيرة وفي جسم الخلية. والزيادة عن أي فترة وجيزة تكون سبباً في أن يكون جميع (EPSPs) ناقصة منها جميع كمية (IPSPs) تزيد من بداية تل الأكسون، وعلى هذا يتولد جهد الفعل بداخله.

وما هي الفائدة من الخلايا العصبية المانعة؟ أن تمنع العضلات لهُو في نفس أهمية تنبيهها تماماً إذا ما أُريد أداء حركات متناسقة. ولتصور محاولة الإمساك بكرة عندما تكون العضلات كلها متقبضة في آن واحد. فبينما ينتج عن فشل التنبيه حدوث المنع،

تزداد خلايا عصبية خاصة في الجهاز العصبي المركزي بتحكم أكثر دقة. ويحتاج التشغيل السليم للسينابس إلى أبعاد الناقلات الكيميائية من الفجوة السيناسبية بمجرد إنتهائها من القيام بوظيفتها . وإن لم يفعل السينابس ذلك، فإنها تشعل "Fire" الخلية العصبية أكثر وأكثر ثانية. ويمكن أبعاد (ACH) بانزيم الاستايل كولين استريز والذي يحلل مائتا الجزئ إلى كسرات (قطع صغيرة) خاملة.

ولقد اكتشفت مواد تتدخل في فعل الاستايل كولين استريز، وتغير هذه المواد بشدة الانشطة العصبية العادية. وغازات الاعصاب التي جهزت لاحتمال استخدامها اثناء الحرب العالمية الثانية وكذلك المبيدات العضوية الفوسفورية والتي كانت اختراعا مدنيا متفرعا عن اختراع غاز الاعصاب، ماهي الا مناعات قوية لانزيم الاستايل كولين استريز.

MECHANORECEPTORS

المستقبلات الميكانيكية

توجد في الحيوانات مجموعة متنوعة كبيرة من المنبهات الميكانيكية . وكل منها يعمل على احداث النبضات العصبية عندما يحدث اي حادث طبيعي خارجي يعكس صفو هذا المنبه الميكانيكي .

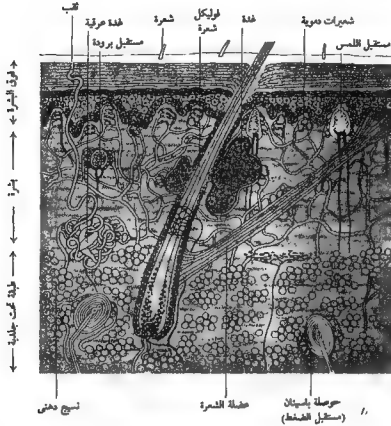
TOUCH AND PRESSURE

٢٨-٦. اللمس والضغط

TOUCH

اللمس

في الإنسان ، يتم اكتشاف اللمس الضعيف (البسيط) بواسطة مستقبلات موجودة ملاصقة لسطح الجلد، وتوجد تلك المستقبلات في الغالب بجوار جريب (Follicle) شعرة (الشكل ٢٨ - ٧) . وحتى إذا لم يتم لمس الجلد مباشرة، فإنه يتم اكتشاف حركة الشعرة بالمستقبل. ولا تتوزع المستقبلات اللمسية بالتساوي على سطح الجسم، فقد يحتوي جلد اطراف الاصابع على نحو (١٠٠) مستقبل/سنتيمتر مربع، ويوجد نفس العدد على طرف اللسان. ومن المتوقع ان يكون تركيز مستقبلات اللمس في الاماكن الاخرى اقل بكثير. فظهر اليد، على سبيل المثال، بها اقل من (١٠) لكل سنتيمتر مربع. ويمكن تحديد مكان مستقبلات اللمس بدقة بلمس الجلد برفق بفرشاة جافة وترقيم تلك البقع التي يكتشف فيها الفرد لمسة واضحة. ويمكن القيام بتجارب مختلفة



الشكل ٢٨-٧. جلد الإنسان ومستقبلاته الحسية.

باتباع هذه الوسيلة وذلك باستخدام زوج من اجهزة التقسيم كذلك التي تستخدم في الرسم الميكانيكي . بإجراء التجربة على شخص معصوب العينين يمكن تحديد الحد الأدنى لاتصال النقط والتي ينشأ عنده إحساسان منفصلان للمس، وعندئذ ستجد ان قدرة الشخص لتمييز النقطتين تكون أفضل بكثير عند اطراف الاصابع عنه على الجزء السفلي من الظهر مثلاً والذي يحتوي على القليل جداً من تلك المستقبلات .

الضغط

PRESSURE

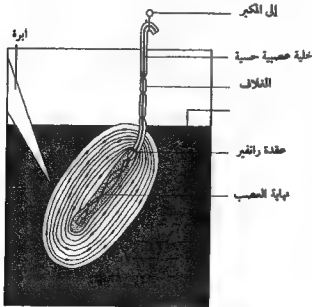
بسبب سهولة التوصل إليه وحجمه الكبير نسبياً، فإن احد اسهل المستقبلات التي يمكن دراسته هو الحوصلة الباسينية (Pacinian corpuscle) وتقع هذه المستقبلات في الجلد (الشكل ٢٨ - ٧) وكذلك في اعضاء داخلية مختلفة . وكغيرها من المستقبلات، يتصل كل منها بخلية عصبية حسية . وتزودنا الحوصلة الباسينية المعزولة

بمفردها مع الخلية العصبية المتصلة بها بوسائل ميسرة والتي يمكن بها دراسة خواصها (الشكل ٢٨ - ٨) .

وحوصلة باسينيان هي مستقبل للضغط (Pressure receptor) وحدوث ضغط على الحوصلة يشوهها، وهذا يخلق تيارا كهربائيا صغيرا جدا في الخلية العصبية التي تنشأ بداخلها. وكلما زاد تشوه الحوصلة، كلما زاد الجهد المولد، حتى إذا أصبح المولد كبيرا بما فيه الكفاية، يمكنه أحداث نبض في الخلية العصبية الحسية.

وبينما يكون الجهد المولد استجابة متدرجة، فان استجابة الخلية العصبية الحساسة ليست كذلك. فاذا ما امكن التوصل الى مدخلها (Threshold) تشتعل على الفور، والا فلا تشتعل بالمرة. وبذلك فان الادخال (Input) المتدرج المتواصل (وظيفة مماثلة في تسميات علم الكمبيوتر) يتحول إلى فتح / قفل (بيان Digits) خارج (Output) فكيف اذن يمكن للحوصلة الباسينية ان تخبر المخ عن حجم المنبة، يمكنها ذلك بوسيلتين قائمتين بالعمل. فكلما زاد او كثر تشوه حوصلة واحدة، كلما زاد تردد النبضات المولدة في الخلية العصبية المتصلة. علاوة على ذلك، فانه في العضو السليم (Intact) ينه هذا المنبة المتجمع عددا من الحوصلات الباسينية المجاورة، وبذلك يزيد من عدد المرات الحساسة النشطة المؤدية إلى المخ.

وعند أحداث الضغط أولا على حوصلة باسينيان، فان ذلك يتسبب في انطلاق



الشكل ٢٨-٨. قياس الاستجابة الكهربائية لحوصلة معزولة باسينية (Pacinian) للضغط الميكانيكي مختلف القوة والتردد يمكن أحداثه على الحوصلة بإبرة (Stylus) والنشاط الكهربائي يمكن اكتشافه بالكترودات متصلة بالتحضير. عند المدخل (البداية)، يتولد نبض عصبي عند أول عقدة من عقد رانفيير.

النبضات في خليتها العصبية. وعلى أية حال، فإنه مع الضغط المستمر يقل معدل تكرار النبضات بسرعة وسرعان ما تنقل تماماً، إذ يكون المستقبل قد هبأ نفسه للمنبية (المؤثر) وتلك الملاءمة السريعة من خواص معظم مستقبلاتنا الحسية، وهي على سبيل المثال، تكون واضحة في السرعة التي بها تنقطع عن اكتشاف رائحة نكون معرضين لها. والملاءمة الحسية تعتبر وظيفية نافعة لأنها تمنع جهازنا العصبي من استمرارية قذفة بمعلومات عن أشياء غير ضرورية مثل لمس وضغط ملابسنا مثلاً. وتذكر أننا عرفنا المنبة (المؤثر) بأنه تغير في البيئة، وهو تغير يمكن لمستقبلاتنا الحسية اكتشافه. وفي الحقيقة، فإن الأبعاد السريع للضغط من حوصلة باسينية مهيأة (تمت ملأها) يتسبب في انطلاق نبضات جديدة.

وحتى إذا ما طبقنا ثم ابعدنا الضغط الواقع على حوصلة باسينية (مثل اهتزازها ٥٠٠ مرة/ثانية ولمدة ١٥ ثانية أو ما يقرب من ذلك)، فإن الحوصلة تتوقف في النهاية عن الاستجابة، إذ أنها تكون قد أصبحت مجهددة أو متعبة، وعلى أية حال إذا ارتاحت الحوصلة لفترة من الوقت، فإنها تستعيد كامل حساسيتها. وتشارك جميع مستقبلاتنا الحسية الأخرى معظم الخواص التي وجدناها مميزة لحوصلة باسينية. وكل نوع من المستقبلات مركب بطريقة تجعله يستجيب عادة إلى (والذي يحمل له بداية أو مدخل منخفض) مجموعة معينة واحدة من المنبهات (المؤثرات) (مثل الضغط الخفيف) وليس إلى غيرها. وكل مستقبل متصل بخلية عصبية تتولد بداخلها نبضات عصبية، فإن معدل تكرار هذه النبضات يكون مقياساً لكبر (عظم) تلقى (Input) الحساسية.

المستقبلات دائمة التنبيه: PROPRIORECEPTORS

في أغلب الحالات، كما ذكرنا، تهبى مستقبلاتنا الحسية نفسها بسرعة، أي، تتوقف عن الاستجابة عند مستوي ثابت من الاحساس الداخلى (Input). وعلى أية حال لا تنصرف بعض المستقبلات الحسية الخاصة بهذه الطريقة، ومنها تلك المسماة Proprioceptors (أي المستقبلات دائمة التنبيه)، وهي مستقبلات موزعة في جميع العضلات الهيكلية والأوتار العضلية. فامتداد أو انقباض العضلات يتسبب في جعل تلك المستقبلات في أن تبدأ النبضات العصبية وهذه، بدورها، تجعل المخ يحدد حالة انقباض العضل. فإذا ما بدأ أحد تلك العضلات في فقد توازنه يتم إفادة المخ عن

طريق المستقبلات دائمة التأثر الموجودة في الأرجل فيتم فوراً تصحيح خلل هذا العضل. ولا يمكن القيام بحركات العضلات المعقدة، مثل تلك المستخدمة عند الكتابة على الآلة الكاتبة، والامساك بالكرة، واللعب على الفيولين (الكمان)، وغيرها بدون المستقبلات دائمة التنبيه. ويحتاج الفعل الموقوت بالضبط والمتوافق لعدد مختلف من العضلات إلى دوام افادة المخ بحركات كل من تلك العضلات، وإذا ما حدث ان نامت احدى رجليك او كليهما، يكون لديك الفكرة كيف يمكن ان تكون الحركة صعبة بدون تلك المستقبلات المذكورة.

PAIN

الآلم

يسبب التنبيه الميكانيكي الكثيف للجلد الاحساس بالآلم، فالحرارة الزائدة والبرودة، وبعض المواد الكيميائية تفعل ذلك. وقد يحدث الاحساس نتيجة تنبيه شبكة من الالياف العصبية في الجلد والتي لاتتصل بأي مكتشفات خاصة للتنبيه، لذلك فهي لا تستجيب الا إذا كان المنبه قوى جداً. ومن جهة اخرى، يمكن الشعور بالآلم كنتيجة لتغير في تردد ونظام الاشارات المارة إلى الجهاز العصبي المركزي بواسطة المستقبلات الخاصة بالجلد مثل اللمس، الضغط، الحرارة، البرودة. وربما يشارك كلا المؤثران (التردد والنظام) الميكانيكيان في هذه العملية.

HEARING

٢٨-٧. السمع

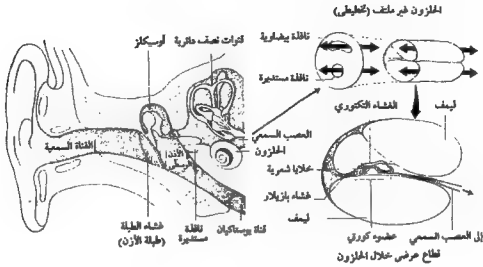
القدرة على السمع هي القدرة على اكتشاف اهتزازات ميكانيكية والتي نسميها الصوت، تحت اغلب الحالات، تصل اليها تلك الاهتزازات خلال الهواء. قد تساعد الاذن الخارجية (الشكل ٢٨ - ٩) بعض الشيء في تركيز الموجات الصوتية والتي تمر إلى القناة السمعية وتضرب طبلة الاذن او غشاء الطبلة (Tympanic membrane) مسببة اهتزازها. وتنقل اهتزازات الطبلة خلال الاذن الوسطى بواسطة ثلاثة عظام دقيقة متصلة، The Ossicles، والتي تعمل كذلك على تركيز الاهتزازات والاذن الوسطى مملوءة بالهواء ومتصلة بالهواء الخارجي عن طريق قناة ستاكيوس أو القناة السمعية (Eus-tachian tube) التي تفتح في الانف - بلعومي، وهذه الفتحة الأخيرة تسمح ببقاء ضغط الهواء على جانبي غشاء الطبلة متساوياً. والآلم "Popping" الذي نشعر به في اذننا عندما نغير الارتفاع بسرعة في طائرة لم يتم ضبط الضغط بداخلها او في

مصعد يكون نتيجة للتبادل المفاجيء للضغط عند فتح قناة ستاكوس اثناء البلع او التثاؤب. والضحايا المصابون بالبرد في الرأس قد يصابون ايضا بالتهاب قناة ستاكوس والتي تتمتع مؤقتا عن الفتح. وقد يكون تغير الارتفاع مؤلم جدا في مثل تلك الاوقات (اوقات التهاب القناة) بسبب عدم تعادل الضغط على أغشية الطبلة.

ويتقل الاهتزاز الميكانيكي للعظام الثلاثة الدقيقة الداخلية (Ossicles) والمسماة ستيراب (Stirrup) خلال غشاء مرن (النافذة البيضاوية) إلى الحلزون (Cochlea) الموجود بالأذن الداخلية. وهذا الحلزون عبارة عن انبوبة، نحو ٣ سم في الطول، ملتوية مثل صدفة القوقعة (الشكل ٢٨ - ٩) وممتلئة بالليمف. ويسير بداخل الحلزون بكامل طوله تقريبا صفيحة عظمية وقناة داخلية والمملوءة ايضا بالليمف. وتنقسم هذه التركيبات القناة الخارجية للحلزون إلى غرفتين منفصليتين. وتنتقل اهتزازات النافذة البيضاوية إلى السائل الموجود في هاتين الغرفتين الخارجيتين. ولأن السوائل عمليا غير قابلة للانضغاط، فمن الضروري إيجاد وسيلة لتخفيف الضغوط الناشئة عند دفع النافذة البيضاوية للدخال وللخارج. والنافذة المستديرة المرنة هي التي تقوم بعملية التخفيف بالتحرك للاتجاه الاخر (الشكل ٢٨-٩).

ويقع بداخل الغرفة الداخلية (او الوسطى) للحلزون عضو كورتى (Organ of Corti) الذي يحتوي على آلاف من الشعر "Hair" الحساس التي تعتبر في الواقع المستقبلات للاهتزازات. ويوجد هذا الشعر بين الغشاء البازيلارى او القاعدي (Basilar) والغشاء التكتوري (Tectorial) (الشكل ٢٨-٩). وتسبب الاهتزازات في السائل الحلزوني اهتزازات الغشاء البازيلارى. وهذا بدوره يحرك الخلايا الحسية للشعر ضد الغشاء التكتوري، وبذلك يتم تنبيه تلك الخلايا الحسية. وتسبب النبضات الكهربائية التي تنشأ في تلك الخلايا في بدء النبضات العصبية التي تسافر خلال العصب السمعي (Auditory nerve) إلى المخ.

والأذن عضو حسي دقيق للغاية ومتقلب. فكثير من الناس، خاصة عند الصغر، يمكنهم سماع اصوات ذات ترددات (مقام الصوت Pitches) من ١٦ هيرتز Hertz (وهي قليلة جدا) إلى ٢٠,٠٠٠ هيرتز/دوائر ثانية (وهي مرتفعة جدا) وعلاوة على ذلك، فانه يمكن للأذن ان تكتشف اصواتا على مدى واسع من الكثافات. وأعلى



الشكل ٢٨-٩. أذن الإنسان.

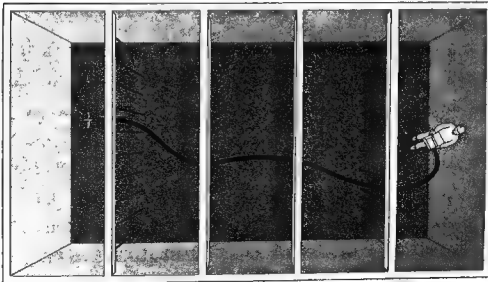
صوت يمكن ان نسمعه براحة يزيد عن ثلاثة بلايين مرة عن اضعف صوت يمكن ان نسمعه، كما ان اضعف صوت يكون ضعيفا جدا للدرجة انه إذا ما كانت اذنا حساسة، فربما يمكننا ان نكشف صوت تصادم الجزيئات النادرة (حركة براونيان Brownian movement) بداخل الأذن. وقوة تمييز الترددات كبيرة ايضا، فيمكن للموسيقي المتمرن ان يميز نحو ١٥,٠٠٠ مقاما صوتيا.

والطريقة التي يمكن بها لجهاز كورتري ان يميز ما بين المقامات المختلفة اصبحت مفهومة الان جيدا. ولاول وهلة، قد يبدو مناسبا لخلايا الشعرات ان ترسل النبضات إلى المخ بنفس تردد الصوت. وقد يحدث شيء مثل هذا عند الترددات المنخفضة جدا ولا يمكن حلونها عند ترددات اكبر من نحو ١٠٠٠ هيرتز لانه، كما راينا في قسم ٢٨-٤، لا يمكن للخلايا العصبية الحسية اداء نبضات اسرع من ذلك. وفي الحقيقة، حتى قبل الوصول إلى هذا الحد، يبدأ الحشاء البازيلاري وخلايا الشعرات في الاستجابة اختياريًا إلى الترددات الصوتية. وتنبه الترددات المنخفضة منطقة عضو كورتري الأقرب إلى طرفها، نكتشف الترددات العالية قرب قاعدة العضو المذكور، كما نكتشف الترددات المتوسطة بطريقة منظمة متدرجة من احد طرفي عضو كورتري إلى الطرف الآخر. لقد أمكن الحصول على دليل يؤيد هذا الرأي بتعرض حيوانات المعمل لنغيات نقية وكثيفة جدا. وأخيراً تصبح الحيوانات صماء لا تسمع هذه الترددات مع ان

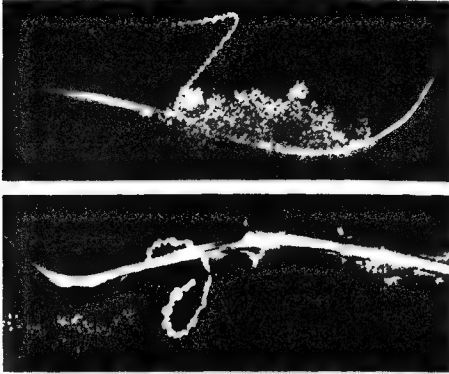
قدرتها على سماع انغام أخرى لم تتفاوت. وفي كل حالة، يثبت اختبار عضو كورتى تلف خلايا الشعيرات في منطقة واحدة والتي يمكن الربط بين مكانها بسهولة والمنفعة المدمرة.

وقدرة السمع في الوطواط غير عادية، حيث اظهرت أبحاث عالم الحيوان دونالد جريفن (Donald Griffin) ان الوطواط يمكنها سماع ترددات عالية قد تصل إلى ١٥٠,٠٠٠ هرتز. ويمكن الصوت في مثل هذه الترددات الفوق سمعية السير في خطوط مستقيمة نوعا. ويمكن للوطواط التي تطير في ظلام تام ان تحدد مواقع العوائق (الشكل ٢٨-١٠) وحتى فريستها الحشرية بارسالها نبضات من هذا الصوت الفوق سمعي ثم تعدل مسار طيرانها إلى الصدى العائد إلى إذنانها. ويعمل مثل هذا النظام من تحديد موقع - الصدى على نفس القاعدة التي اخترع بها جهاز السونار الذي يسمع تحت الماء والذي يوجد في الغواصات للاستكشاف اثناء الحرب العالمية الثانية.

ويلعب السمع كذلك جزءا هاما في حياة حيوانات أخرى. فتفادى المفترسات (الشكل ٢٨ - ١١)، وتحديد مكان التزاوج، وادعاء ملكية منطقة من المناطق، ربما كلها تشمل على إكتشاف الأصوات.



الشكل ٢٨-١٠. موقع الصدى في الوطواط. وطواط معصوب العينين يمكنه الطيران بين الأسلاك، ونداء مايلمسها.. والوطواط الذي تم غلق أذنيه يصطلم باستمرار بالأسلاك.



الشكل ٢٨-١١). الصائد والمصادة. في الصورة العليا، فراشة (شريط لامع) تتخذ فعل مراوغة ناجح بمجرد اكتشافها قرب وطواط (شريط عريض بعرض الصورة). (الصورة القير واضحة هي صورة شجر في الخلف). وفي أسفل الصورة، يتقابل الشريطان، دلالة على أنه في هذا الوقت لم تستطع الفراشة الهروب من اصطياد الوطواط لها (صورها فريدريك ا. ويستز بتصریح من الأستاذ كينيث د. رويدس).

EQUILIBRIUM

٢٨-٨. التوازن

تكتشف الأذن الداخلية أيضا: (١) موقع الجسم بالنسبة إلى الجاذبية، (٢) حركة الجسم. وهاتان الوظيفتان مختلفتان تماما عن وظيفتهما في اكتشاف الصوت ومختلفتان كذلك كلية عن بعضها البعض. ويوجد فوق الحلزون مباشرة حافظتان (Sacs) متصلتان فيما بينهما وملوءتان بالليف (الشكل ٢٨-٩) وهاتان الحافظتان مبطنتان بخلايا مزودة بالشعر والتي، بدورها، تتصل بخلايا عصبية حساسة. ويتصل بشعر الخلايا المذكورة كرات دقيقة من كربونات الكالسيوم. وتعمل الجاذبية على هذه الكرات وتجعل الشعر ينثني لأسفل. وعندما يتوجة الجسم (أو على الأقل الرأس) في اتجاهات مختلفة، تغير أحجار الأذن موضعها وترسل النبضات العصبية التي تبدؤها خلايا الشعر

إلى المخ وتخبره بالتغير الذي حدث .

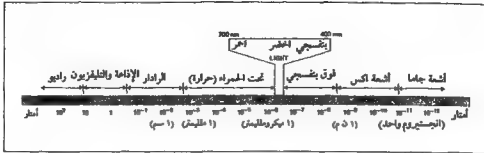
وتوجد تراكيب ماثلة Analogous (وليست متناظرة Homologous) تسمى حوافظ (ستاتوسيستات Statocysts) في كثير من اللافقاريات المائية . ففي الجمبري (أو الربيان) ، تحتوي تلك الحوافظ (Sacs) المبطنه بخلايا الشعر على حبيبات رمل دقيقة بدلا من احجار الاذن ، فعندما ينسلخ جدار الربيان ، تنسلخ ايضا الحوافظ (الاستاتوسيستات) . ويمجرد تصلب جدار الجسم الجديد ، على اية حال ، يبحث الربيان عن حبيبات الرمل لكي يضعها بداخل الحوافظ (الاستاتوسيستات) الجديدة . وإذا ما قدم للربيان حبيبات حديد بدلا من الرمل ، فإن الربيان يستخدمها . وعند انتهاء المهمة فإن بعض الدقائق القليلة من التجربة بمغناطيس قوى توضح بجلاء عمل الحوافظ (الاستاتوسيستات) في الحفاظ على التوازن . ووضع المغناطيس فوق الربيان مباشرة ليسحب الحديد الموجود بداخل الحوافظ (الاستاتوسيستات) لاعلى ، وهذا بدوره ، يعمل على اشعال المستقبلات التي قد تتأثر عادة عندما يكون الحيوان في وضع مقلوب فقط . ونتيجة لذلك ، يقلب الربيان ، في الواقع ، نفسه استجابة للمعلومات الخطأ التي تلقاها جهازه العصبي المركزي .

وتكتشف حركة جسم الانسان في الثلاث قنوات النصف دائرية الموجود عند قمة كل اذن داخلية (الشكل ٢٨ - ٩) ، وهي ثلاث قنوات مملوءة بالسائل ، كل واحدة منها موجهة في احد مستويات الفضاء الثلاثة . وتوجد عند احد اطراف كل قناة غرفة صغيرة محتوية على خلايا شعر حسية . وكلما تحركت الراس تتحرك كذلك القنوات النصف دائرية . والسائل الموجود بالداخل يبطئ في حركته ، على اية حال ، وبالتالي توجد حركة نسبية بين جدر القنوات والسائل ، وتنبه هذه الحركة خلايا الشعر لارسال نبضات إلى المخ . وتكون المحافظة على توازن سليم اثناء النشاط الرياضى مستحيلة عمليا بدون هذه الوسيلة (او الميكانيكية) . وعند تنبيه خلايا الشعر بطرق غير عادية ، كالذي يحدث في قارب أو في طائرة اثناء الجو السيئ ، يمكن ان يحدث المرض المسمى بمرض الحركة .

المستقبلات الضوئية

PHOTORECEPTORS

توجد الطاقة الاشعاعية في مجال من الاطوال الموجية والتي تمتد من موجات الراديو



الشكل ٢٨-١٢. اسبكتروم الاشعاع الكهرومغناطيسي

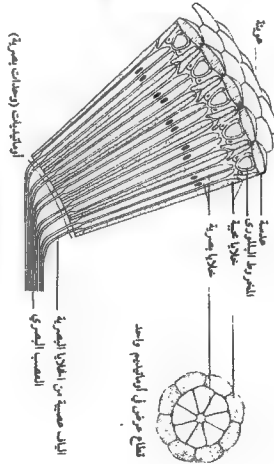
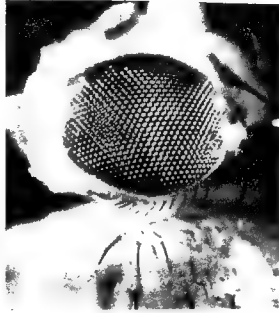
والتي قد تكون الافا من الامتار في الطول إلى اشعة جاما ذات الاطوال القصيرة والتي قد تبلغ في قصرها إلى جزء من مليون مليون جزء من المتر (١٠^{-١٢}) (الشكل ٢٨ - ١٢). وعلى هذا المقياس الواسع المدى، فإن أطوال الموجات الوحيدة والتي تستخدم عموماً كمنبهات للكائنات الحية هي الأشعة الضوئية (نحو ٤٠٠ - ٧٠٠ ن م) والأشعة الأطول منها قليلاً وهي الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة الحرارية.

وتتدرج المستقبلات الضوئية عامة في المملكة الحيوانية في التعقيد من الخلايا الحساسة للضوء والتي تكتشف ببساطة وجود الضوء (كما في دودة الأرض) إلى الاعين التي يمكنها تكوين الصور. وتوجد الأخيرة في بعض الرخويات (القواقع) وخاصة الاسكويد والاختبوط، وفي أغلب مفصليات الأرجل (الحشرات، القشريات، العنكبوتيات) وكذلك الحيوانات الفقارية.

THE COMPOUND EYE

٢٨-٩. العين المركبة

يختلف تركيب ووظيفة عين مفصليات الأرجل كلية عنها في اعين الرخويات (القواقع) والفقاريات وتسمى عين مفصليات الأرجل بالعين المركبة لانها مكونة من وحدات مكررة، هي الاوماتيديات أو الوحدات البصرية (Ommatidia) التي تعمل كل منها كمستقبل بصري مستقل. ويوضح الشكل (٢٨ - ١٣) ترتيب الاوماتيديات في عين مركبة، وتتكون كل اوماتيديم (وحدة بصرية) من (١) عدسة السطح الامامي والذي يكون عويته واحدة من العين المركبة، (٢) غروط بللوري شفاف (٣) خلايا حساسة للضوء وخلايا بصرية مرتبة في شكل اشعاعي مثل القطاعات العرضية للبرتقالة (٤) خلايا مملوءة بالحبيبات والتي تفصل كل اوماتيديم عن

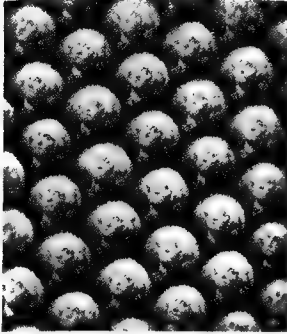


التشكل ٧٨-١٣٠ . إلى السيل: حين مركبة في نهاية الفاكهة . وتكون من مئات من الأوربيديات (وهي الوحدات العينية) (في الوسط)، وكل أوبانديم تعمل كمستقبل ضوئي مستقل . وفي بعض الطفرات تستجيب الخلايا العينية لأوبانديم واحدة (البين) إحصائياً إلى الأوران مختلفة من الضوء، وقدنا بذلك أساس رؤية الأوران (عصيرج من شركة كارولينا للاسخدامات البصرية).

جيرانه . وموقع الخلايا المحتوية على الحبيبات يكون بحيث يسمح للضوء الداخل للأوماتيديم فقط والموازي (او غالبا كذلك) للمحور الطولي بان يصل إلى الخلايا البصرية ويتسبب في بدء النبضات العصبية . وتمتص الضوء الداخل بزاوية ستارة الحبيبات ، وبذلك فان كل اوماتيديم يشير إلى منطقة واحدة في الفضاء . فاذا ما انبعث ضوء ذو كثافة كافية من تلك المنطقة تستجيب الاوماتيديم (والاوماتيديات المتجاورة والذي يغطيها حقل الرؤية) لهذا الضوء . وقد يوجد الاف من تلك الاوماتيديات في عين مركبة واحدة مع وجود عويناتها او عديساتها (Facets) مرتبة على اغلب سطح نصف دائرة .

ومن الخدع المحببة لمصوري الطبيعة أخذ صورة لبعض الأشياء كما يمكن رؤيتها خلال قرنية (جميع العوينات Facets بعد تقشيرها جميعا) عين مركبة . ولسوء الحظ ، لا يمكن بالمرّة مقارنة النتائج (الشكل ٢٨-١٤) بما تراه الحشرة . وفي الصورة التي اعدّها المصور ، تعمل كل عويّة كعدسة تجمع الأشعة الضوئية من جميع اجزاء الجسم (الشيء) المرئي وتحريره إلى الفيلم . وكما رأينا ، على اية حال ، فان وجود شاشة الحبيبات في العين المركبة المكملة يسمح للضوء المتسلط من منطقة واحدة فقط على الشيء المرئي أن يصل إلى الخلايا البصرية ، وبذلك تساهم كل اوماتيديم بالمعلومات التي تخص منطقة واحدة على الشيء المرئي . كما تساهم الاوماتيديات الاخرى بالمعلومات الخاصة بالمناطق الأخرى ، وحصيلته جميع الاستجابات لجميع الاوماتيديات هي صورة موزايكية - اي شكل مكون من نقط فائحة واخرى غامقة تكون المنظر العام .

والصور النصف نغمية (Half tone) المستخدمة في الجرائد (وفي هذا الكتاب) تم عملها بنفس الطريقة . فاذا ما نظرت جيدا إلى مثل تلك الصور (بمساعدة عدسة مكبرة) يمكنك ان ترى صفوفًا منتظمة من النقط من الحبر الاسود وتزدنا الاحجام المختلفة لنقط الحبر بظلال وسطية من اللون الرمادي ، وبذلك نحصل على نسخة من منظر طبيعي صادق ولكنه عديم اللون . وكلما صغر حجم النقط كلما كانت الصورة افضل . وعيون النطاوط ، بعددها القليل نسبيا من الاوماتيديات ، لابد من ان تنتج صورة زائفة الخشونة ومحبة . وتملك النحلة اوماتيديات وكذلك الرعاش ازيد بكثير في عيونها وتحسن مائل في القدرة على تمييز تحليل التفاصيل . وحتى عند ذلك ، فان قدرة التحليل لعين النحلة تعتبر فقيرة بالمقارنة بتلك الخاصة باعين اغلب الحيوانات الفقارية



الشكل ٢٨-١٤. صورة جورج واشنطن كما صورت من جزء من قرنية عين مركبة لحفشاء مائية. (صورت بواسطة البروليسور والتر فلاورز. عن و. ديفيز من: الأستعراض العلمي للصور، دويل، سلون وويرس، ١٩٤٠)

فقط $\frac{1}{60}$ من قدرة تحليل عين الانسان.

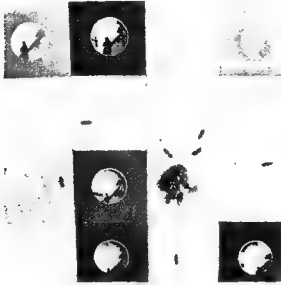
ولان العين المركبة لا تسمح بالتمييز الافضل للنقط الموجودة قرب بعضها البعض في الفضاء، فاننا نعتبر ان مفصليات الأرجل قصيرة النظر. فالجسمان اللذان يمكن لنا ان نميزهما على بعد ٦٠ قدم، يمكن للنحلة ان تميزهما على مسافة قدم واحد فقط. ومن جهة اخرى، فان العين المركبة في مفصليات الاجل مهياة جيداً لاكتشاف الحركة. فاذا ما تحرك جسم امام حقل الرؤية، تفتح وتغلق الاوماتيديات بانتظام. ويسبب تأثير الرعشة الناتجة تستجيب الحشرات افضل بكثير للجسام المتحركة عن الاجسام الثابتة. فنحلة العسل، على سبيل المثال، تزور الازهار التي تحركها الرياح اكثر من زيارتها للازهار الثابتة. وتقارن قدرة النحلة على ادراك الحركة على سبيل المجاملة بقدرتنا نحن.

وتكون كيفية الصورة التي تراها العين المركبة اسوأ في الضوء المعتم، فمفصليات الأرجل التي تميل إلى النشاط في الضوء المعتم (مثل الربيان، حشرات ناقة أو فرسة النبي المفترسة أو المانتيدس) تميل إلى تركيز حبيبات شاشة الاوماتيديات بداخل اطراف الخلايا المحيية. وهذا التحول يمكن عندئذ الضوء المسلط بزاوية على اوماتيديم واحدة

في ان يمر في الاوماتيديات المجاورة وتنبهها كذلك. وباستجابة العديد من الاوماتيديات لمطقة واحدة في حقل الرؤية ، فان القدرة على تكوين صورة لا بد وان تندهر بشكل ملحوظ. وربما تكون حشرات ناقة (فرسة) النبي (المانتيس) المفترسة قادرة على ان تفعل اكثر قليلا من مجرد التمييز بين الضوء والظلام في المساء ، اذ ان انحراف الحبيبات يجعلها ، على اية حال ، اكثر حساسية للضوء عنه اثناء النهار اذ ان الكثير من الاوماتيديات يمكنها اكتشاف اي منطقة تجدها من الضوء.

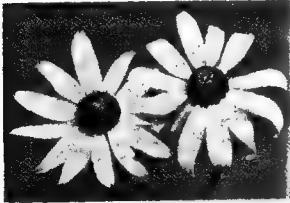
وتوضح دراسة سلوك الحشرات بجلاء ان بعض الحشرات ، على الاقل ، قادرة على تمييز الالوان الرمادية ولكن بدرجات مختلفة ، اذ ان لها القدرة على رؤية الالوان في العين ، كل منها يمتص اكثر ما يمكن عند طول موجة مختلفة. فالحبيبة الواحدة يمكنها فقط امداد المعلومات الخاصة بكمية الضوء المشع من الجسم المرئي ، اي ، لمعانة ، وفي مثل هذه الحالة ، يكون الفرد ذو عىى الوان كلية ، وتظهر له جميع الاشياء بدرجات مختلفة من اللون الرمادي. ولكن في وجود حبيبتان او اكثر ، على اية حال ، يصبح من الممكن تمييز الالوان لان الجسم المرئي الذي يشع اشعة ذات طول موجة واحدة سائدة يفرم بتنبية المستقبلات الخاصة والمحتوية على الحبيبة التي تمتص اكثر من غيرها هذا الطول من الموجة بالذات. ولو انه لم يمكن حتى الان تحديد الحبيبات الحقيقية التي تسمح برؤية اللون في بعض الحشرات كلية ، فإنه يوجد الدليل القوي على وجودها. فلقد وجد ، على سبيل المثال ، ان اربعة من الخلايا البصرية في اوماتيديم نحلة العسل تستجيب افضل إلى الضوء الاصفر - الرمادي (٥٣٠ ن م) ، واثنان تستجيبان افضل إلى الضوء الأزرق (٤٣٠ ن م) وتستجيب الخلايا الباقية افضل إلى الضوء الفوق بنفسجي (٣٤٠ ن م). ولا بد لهذا الترتيب من ان يمكن نحلة العسل من تمييز الالوان (فيما عدا الاحمر) ، ولقد اثبتت الدراسات السلوكية ان هذه هي الحالة (الشكل ٢٨-١٥).

وما هي قيمة رؤية اللون الفوق بنفسجي ؟ ان انايب كاميرا التلفزيون حساسة كذلك للضوء الفوق بنفسجي وكذلك الضوء المرئي ، ولكن العدسات التي تزودها تلك الكاميرا تكون معتمدة للاشعة الفوق بنفسجية. (وهذا هو السبب في عدم تلون جلدك باللون المدبوغ اي الغامق (Tanned) - او تخليق الكالسيفيرول من ضوء الشمس المار خلال النافذة). وفي اية حال فانه بإستخدام عدسات خاصة منفذة



الشكل ٢٨-١٥. توضيح لرؤية الألوان في نحلة العسل. بعد فترة من التغذية من طبق موضوع على لوح ورق مقوى ذلون أزرق، يعود النحل إلى طبق فارغ موضوع على كارت نظيف أزرق. أنها قادرة على تمييز الكسرات الأزرق من الكسرات الأخرى ذات التدرجات المختلفة من اللون الرمادي (بتصريح من دكتور م. وين).

للإشعة فوق البنفسجية، بين العالم أيزنر (Eisner) ومساعدوه في جامعة كورنل بالولايات المتحدة الأمريكية ان الكثير من الأزهار التي تلقح بواسطة الحشرات تبدو



لنحلة العسل مختلفة تماماً عن الشكل التي تبدو لنا نحن (الشكل ٢٨-١٦). ويفسر افشاء (Revelation) الاختلافات الحادة بين الأزهار والتي تبدو لنا وكأنها متشابهة جزئياً



الشكل ٢٨-١٦. زهرة السوزان سوداء العين مصورة في الضوء المرئي (أعلى) وفي الضوء فوق بنفسجي (يسار). (بتصريح من دكتور توماس أيزنر).

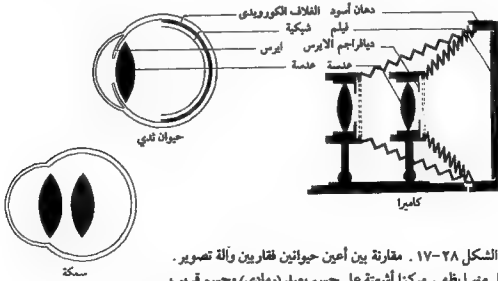
المقدرة التي يمكن بها لنحلة العسل ان تؤمن الرحيق من نوع واحد فقط من الازهار في وقت من الاوقات حتى ولو كانت انواع اخرى من الازهار توجد مفتحة .

٢٨-١٠ . تركيب عين الانسان

THE STRUCTURE OF THE HUMAN EYE

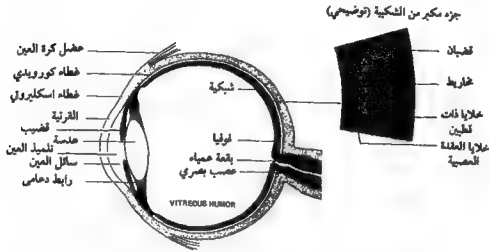
تعمل اعين الرخويات (القواقع) والفقاريات على نفس القاعدة الاساسية الموجودة في آلة التصوير حيث تركز عدسة واحدة اشعتها الضوئية من جميع اجزاء الحقل البصري على لوحة من الخلايا الحساسة للضوء (الشكل ٢٨-١٧). وبالرغم من التشابه الكبير في التركيب والوظيفة بين اعين القواقع واعين الفقاريات، الا ان كل الحقائق تدل على انها - أي الأعين - نشأت وتطورت منفصلة تماما في المجموعتين (القواقع والفقاريات).

وعين الانسان دائرية تقريبا في الشكل ومحدودة بثلاث طبقات واضحة من الانسجة (الشكل ٢٨-١٨). الطبقة الخارجية وهي الغلاف الصلب (الاسكليروتي - Sclero- Coar) متين جدا وذو لون ابيض (بياض العين) فيما عدا في الجهة الامامية، وهنا تكون القرنية (Cornea) الشفافة التي تسمح للضوء بالدخول إلى العين وتجعل اشعة



الشكل ٢٨-١٧ . مقارنة بين أعين حيوانين فقاريين وآلة تصوير .

كل منها يظهر مركزا اشعة على جسم بعيد (رمادي) وجسم قريب (ملون). أعين اليرماتيات، الثعابين، وأغلب الرخويات تعمل مثل أعين السمكة، أي تتغير البؤرة كما في آلة التصوير تهيج الطيور والثدييات أعينها بتغير تقوس العدسات .



الشكل ٢٨-١٨. عين الانسان. المستقبلات الحقيقية للضوء هي القضبان والمخاريط.

الضوء تشنى حتى يمكنها ان تتركز على البؤرة، ويبقى سطح القرنية رطباً وخالياً من الاثرية عن طريق الافراز الناتج من غدد الدموع القريبة.

والغلاف المتوسط للعين وهو الغلاف المشيمي (الكورويدي - Choroid coat) محبب بكثرة بالميلانين ومزود بالاعوية الدموية الكثيرة، ويقوم بالوظيفة النافعة جداً وهي ايقاف انعكاس اشعة الضوء الشارد بداخل العين. وهي نفس الوظيفة التي يؤديها اللون الاسود الموجود بداخل آلة التصوير.

وامام العين، يكون الغلاف المشيمي القزحية (Iris) محبة ومستولة عن لون العين. وتوجد فتحة انسان العين (The Pupil) في مركز القزحية، ويختلف حجم هذه الفتحة كما توجد تحت تحكم اوتوماتيكي. وفي الضوء المعتم (او اوقات الخطر - انظر قسم ٢٧-١١) تكبر تلك الفتحة لتسمح بمرور ضوء أكثر إلى داخل العين، كما تقفل في الضوء الساطع. ولا يحصى هذا فقط داخل العين من زيادة الاضاءة ولكنه يزيد من قدرة العين على تكوين الصورة وعمق حقل الرؤية. ويتمرن المصورون المتحمسون، ايضا على ايقاف ديافرانجم القزحية في آلات تصويرهم إلى الحد الأدنى الذي تسمح به كمية الضوء المتوفرة حتى يمكنهم الحصول على اوضح صورة ممكنة.

والغلاف الداخلي للعين هو الشبكية (Retina) التي تحتوي على مستقبلات الضوء الحقيقية وعلى القضبان (Rods) والمخاريط (Cones) وبذلك تعمل

الشبكية بنفس طريقة فيلم اله التصوير.

وتقع عدسة العين خلف القرنية مباشرة وتثبت في مكانها باربطة دعامية (او الأربطة المعلقة) (الشكل ٢٨-١٨) وتقع تلك الأربطة عادة تحت التوتر ولذلك تكون العدسة تبعا لذلك مفلطحة. وعلى اية حال، فان انقباض العضلات المتصلة بتلك الأربطة يجعلها ترتخي وتسمح للعدسة باخذ شكل دائري تقريبا. وهذا التغير في شكل العدسة يمكن العين من ان تحول (Shift) تركيزها عن البؤرة من الاجسام البعيدة إلى الا- سام القريبة وبالعكس.

ويجد بعض الناس صعوبة في جعل الاشعة الضوئية تتركز على الشبكية. فاذا كانت مقلة العين (Eyeball) قصيرة جدا، او ان العدسة مسطحة جدا او غير مرنة جدا، فان الاشعة الضوئية الداخلة إلى العين لن تكون في موضع البعد البؤري في الوقت الذي تضرب فيه تلك الاشعة الشبكية (الشكل ٢٨-١٩). وتعرف مثل تلك الحالة ببعد النظر (Farsightedness) لان الاجسام القريبة على الخصوص يكون من الصعب وضعها في البؤرة. واستخدام النظارات الطبية المزودة بعدسات محدبة يصحح تلك الحالة بمساعدة عدسة العين نفسها وذلك بتجميع الاشعة الضوئية بسرعة اكثر.

وكبار السن من الناس معرضون على الخصوص لان يصعبوا بعيدى النظر اذ ان عدساتهم تصبح اقل مرونة.

بعد النظر وتصحيحة



قرب النظر وتصحيحة



الشكل ٢٨-١٩. الميوب
المادية للعين. عمر الاشعة
الضوء بدون نظارات
يرى باللون الأسود،
وبالنظارات، بالألوان.
وعدسات النظارات الحديثة
ليست بتلك البساطة في
الشكل كالتي تشاهد في
الصورة ولكنها تعمل بنفس
الطريقة.

والطول الزائد لمقلة العين او الاستدارة الزائدة للعدسة يسببان قصر النظر (Near-sightedness) فصورة الاجسام البعيدة يمكن جعلها في بعد بؤرى امام الشبكية وابعادها ثانية عن البعد البؤرى قبل سقوط الضوء بالفعل على الشبكية (الشكل ٢٨-١٩)، يمكن رؤية الاجسام القريبة بسهولة. وتصحح النظارات ذات العدسات المقعرة هذه الحالة بتفريق الاشعة الضوئية بعض الشيء قبل دخولها إلى العين.

وطريقة تغيير البعد البؤرى بتغيير شكل العدسة ليس له ما يقابله في التصوير الفوتوغرافي. فالبعد البؤري يتغير في آلات التصوير بتحريك موضع كل العدسة بالنسبة إلى الفيلم. وتستخدم تلك الطريقة ايضا في اعين بعض الاسماك، البرمائيات، الثعابين، بعض الرخويات (القواقع).

فاذا كان للعدسة او القرنية اى عدم انتظام في تقوسهما، فان جميع الاشعة الضوئية التي تدخل العين لن يمكن وضعها مجتمعة في البعد البؤرى. ويعرف هذا الخلل باسم استيجماتيزم (Astigmatism) ويصحح هذا الخلل بنظارات خاصة تعوض هذا الخلل في عدم الانتظام.

ولاسباب مازالت غير واضحة، ينشأ عند بعض الافراد مناطق سحابية في احدى العدسات او في كليهما، تسمى هذه النظائر باسم كاتاركتس (Cataracts) والتي تسبب العمى الجزئي او الكلى. ويمكن لجراحى العيون الان اعادة الرؤية بابعادهم العدسات المعوية (التي بها الخلل) جراحيا واعطاء المريض نظارات زائدة القوة لتعويض ماقدوه.

وتقسم كلا القرنية والعدسة داخل مقلة العين إلى غرفتين رئيسيتين، الامامية وهي مملوءة بسائل مائي والمسمى بالهيومور المائي (Aqueous humor) والخلفية والمملوءة بمادة هلامية زائلة الشفافية هي الهيومور الزجاجي (Vitreous humor).

ويتسبب في حركة كرة العين ثلاثة ازواج من العضلات، كل زوج يعمل بالتعارض مع الزوج الاخر، كما يساعد العمل المتوافق لهذه العضلات مقلة العين على الدوران في اى اتجاه، وبذلك يكون في استطاعتنا ان ندرب كلا العينين على الحركة في اتجاه واحد، ويتسبب هذا في ظهور مشهدين مختلفين قليلا لنفس المنظر والذي يمكن للمخ

ان يوحدهما في منظر واحد هي الصورة التي يطلق عليها بالصورة ذات الثلاثة ابعاد (الاستريوسكوبية). ويتج التوافق الغير سليم للعضلات المتحركة في العين مثل هذا الخلل والمسمى بالحوّل أول الحوّل Cross-eyes.

٢٨-١١ . اكتشاف الضوء

DETECTION OF LIGHT

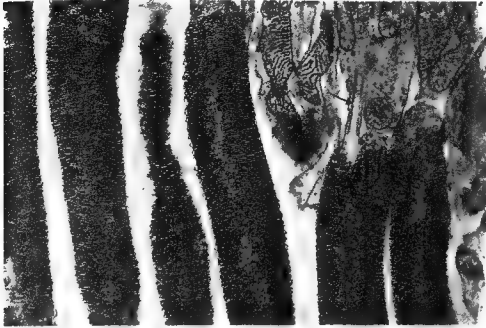
ان المستقبلات البصرية الحقيقية في العين هي القضبان والمخاريط وهي خلايا مكدسة بجوار بعضها البعض تحت سطح الشبكية مباشرة.

THE RODS

١ - القضبان :

يوجد تقريبا نحو ١٠٠ مليون قضيب في كل عين وهي تستخدم اساسا للرؤية في الضوء المعتم وحساسة للغاية للضوء. والصورة الناتجة عن القضبان ليست، على اية حال، صورة واضحة، تزودنا الدراسة الدقيقة الميكروسكوبية لتركيب الشبكية بشرح لذلك. وتعمل القضبان في مجاميع، بعبارة أخرى، يتقاسم عدد من القضبان دائرة عصبية واحدة إلى المخ. ويمكن لقضيب واحد ان يتسبب في بدء نبض في تلك الدائرة ولكن لا توجد وسيلة للمخ كي يحدد القضيب الذي تسبب في حدوث هذا النبض من مجموعة القضبان (الشكل ٢٨-١٨). ولكي يمتص الضوء، لابد من وجود مادة ماصة للضوء، اي حبيبات، والحبيبات في القضبان هي الرودوبسين (Rhodopsin) وهي مندمجة في اغشية مكدسة تقريبا في المنطقة الخارجية للقضيب (الشكل ٢٨-٢٠). ويشابه هذا التنظيم ذلك الذي نجده في ثيلاكويدات (Thylakoids) حبيبات البلاستيدات الخضراء (Chloroplast grana) (انظر قسم ٨-٣) وهو جهاز آخر ماص للضوء.

والرودوبسين هو بروتين متقترن ويتكون من البروتين أوبسين (Opsin) الذي تتصل به المجموعة الفعالة (Prosthetic) للرتينال (Retinal). والرتينال هو فيتامين (أ) تأكسدت ذرة الكربون رقم ١٥ فيه من كحول إلى الدهيد (شكل ١٨-٢١) وسلسلة ذرات الكربون الممتدة من رقم (٧) إلى رقم (١٥) مرتبطة بروابط متبادلة مزدوجة. ووجود الرابطة المزدوجة بين زوج من ذرات الكربون يمنعها من الدوران بحرية، وبذلك يمكن توجيه ذراتها من الهيدروجين في واحد او اخر من احد شكلين عثمليين.

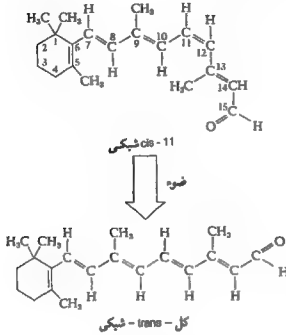


الشكل ٢٨-٢٠. خلايا قضبان فأر الكلتجرو (مبكرة ٢٢, ٠٠٠ مرة). الحلقات الخارجية للقضبان تحتوي على أكوام مرتبة من الأغشية التي تتحد فيها الحبيبة البصرية. والمناطق الداخلية تحتوي على كثير من الميتوكوندريا. ويتصل الجزء أن من أجزاء القضيب بواسطة ساق (سهم) له نفس تركيب السيلوم (Cilium) (عن بورتر، يونيفيل: مقدمة للتركيب الدقيق للخلايا والأنسجة، الطبعة الرابعة، لي بيجر، ١٩٧٣).

وعندما تبرز كلا ذرتي الهيدروجين في نفس الاتجاه، يصبح الشكل *Cis* ، وعندما يمتدان إلى الاتجاهات المضادة يصبح شكلة *trans*. وعند ارتباط الريتينال بالاوبسين، تكون ذرات الكربون رقمي ١١ ، ١٢ في الاتجاه *Cis* ، فتنتجان جزءا أكثر لتواء في الجزئي (الشكل ٢٨-٢١) ويطلق على هذا الشكل (cis Retinal - ١١) .

والاوبسين وحلة عديم اللون، لكن عند اقترانه بـ (cis Retinal - ١١) يصبح ذو لون احمر قرمزي غامق. وعندما يضرب (Strike) الضوء الجزئي، يتحول Cis Retinal - ١١ إلى "All-trans" مشابه (الشكل ٢٨ - ٢١). ويتم ذلك بالاتي: (١) تحول توافقي في الاوبسين، (٢) توليد جهد قفل في القضيب، (٣) فصل All-trans reti-nal من الاوبسين والذي تكون نتيجته ازالة لون القضيب.

ولو ان القضبان تزودنا بصورة خشنة نسبيا عديمة اللون، الا انها حساسة جدا



الشكل ٢٨-٢١. تحول مرغّب
- الضوء لـ (١١ - cis - شبكي
الى كل - trans - شبكي).
الشبكي هو المجموعة Prosthe-
tic للرودوسين، الخلية البصرية
للقضبّان. والتغير الجزيئي
الموضح هنا يحوي تغير معلمي في
البروتين (أوبسين Opsin)
والذي، بدوره، يشمل شرارة
القدرة الفعلية في القضيب.

لوجود الضوء، إذ يمكنها اكتشاف ضوء اقل كثافة مليون مرة عما يمكن لعينا استقباله في يوم صحو مشمس، وكلما زاد الضوء الذي يضرب القضبان. على اية حال، كلما زادت ازالة لون الرودوسين كلما قلت حساسية القضبان. ولحسن الحظ، فان هذه العملية عكسية، إذ يتم تخليق بعض الرودوسين ثانية مباشرة من مكوناته التي تم تكسيرها وهما الريتينال والأوبسين.

ويوجد ايضا دليل على انه يتم التصنيع المستمر للريتينال في العين باكسدة فيتامين (أ) ويزودنا احتياطي الجسم من فيتامين (أ) بمخزن هائل لتخليق الريتينال. ولعجب عندئذ، ان نقص فيتامين (أ) يصاحبه في الغالب العمى الليلي، اي عدم القدرة على الرؤية في الظلام.

ولكى تصبح القضبان حساسة بقدر الامكان ملائمة للظلمة فمن الضروري ان يزيد معدل تخليق الرودوسين عن معدل تكسيرة، وهذا يعني انه لا بد من ابعاد الضوء الساطع عن العين. وكلنا مدركون صعوبة الرؤية في حجرة معتمة بعد الدخول المفجائي من حجرة مضيئة بشدة. وتحتاج اعيننا لنحو نصف الساعة في الظلمة لكي تعود تماما على تلك الظلمة.

وبخصوص الطيارين الذين كانوا يطيرون ليلا اثناء الحرب العالمية الثانية كان لابد لهم من البقاء في الظلام لفترة قبل ابتداء مهمتهم الخطيرة والتي كانت لهم بحق بمثابة تحطيم للأعصاب. ولقد زدنا التحقق من ان القضبان غير حساسة للضوء الاحمر بحل جميل، على اية حال. فلقد مكنت النظارات الوقائية الحمراء الطيارين من القيام بأنشطتهم العادية بينما لايزالون قادرين على تمكين قضبانهم من التعود على الظلام. والنظارات الوقائية الحمراء سمحت للضوء الاحمر فقط من الوصول إلى الشبكية، وهذا الضوء الاحمر هو الذي نبه المخاريط وليس القضبان.

٢ — المخاريط

THE CONES

نحن نعرف كيف تعمل المخاريط اقل عما نعرفه عن كيفية عمل القضبان. وعدد المخاريط كثير على الخصوص (نحو ١٥,٠٠٠ في كل ملليمتر مربع) في منطقة واحدة من مناطق الشبكية، والمسماة بالفوفيا Fovea، وهي منطقة مقابلة بالضبط للعدسة. وبخلاف القضبان، فإن للمخاريط تعمل في الضوء الساطع فقط علاوة على ذلك فهي تمكنا من رؤية الالوان. وكما لاحظنا في قسم (٢٨-٩) لابد من وجود نوعان على الأقل من المخاريط حتى يمكن اكتشاف اية الوان بالمرء. وكل غرور لابد من ان يحتوي على صبغة (Pigment) وتمتص افضل ما يكون من احد الالوان الثلاثة الاولى وهي: الاحمر، الاخضر، الازرق. ونظريا، يمكن للمخ ان يمزج ثلاثة احساسات بثلاثة الوان اولية للحصول على اي من اكثر من ١٧,٠٠٠ صبغة مختلفة والتي يمكن للمعين المدربة ان تميزها. وفي الحقيقة فانه امكن بيان وجود صبغة تمتص اللون الاحمر (بجدها الاقصى الامتصاصي عند ٥٦٥ ن م)، صبغة تمتص اللون الاخضر (٥٣٥ ن م)، وصبغة تمتص اللون الازرق (٤٠٠ ن م) في الفوفيا والريتينال هو المجموعة المصنعة (Prosthetic) لكل من هذه. والاختلافات في البروتين اوسين، والتي يتصل بها الريتينال، هي المعول عليها في اختلافات الامتصاص. ويحتوي المخروط الواحد على إحدى هذه الأصباغ الثلاثة. وبالعامل سويا، فإن المخاريط التي تمتص الالوان الاحمر والاخضر والازرق في الفوفيا تزودنا بالاساس في رؤية الالوان.

وتخص هذه الاكتشافات جيدا معلوماتنا عن عمى الالوان. وكما تعلمت في قسم (٣-١١)، فعلى الالوان والخاص باللون الاحمر والاخضر هو فقط مرتبط بالجنس

X-linked وهو صفة متنحية. وفي الحقيقة، فانه يوجد نوعان من الافراد ذوى عىمى الالوان واللذين لا يستطيعون التمييز بين الالوان الحمراء والالوان الخضراء: وهم الافراد اللذين تنقصهم أصباغ امتصاص اللون الاخضر. وبما ان هذه صفة مرتبطة بالجنس، فان معظم الضحايا في كل مجموعة هم من الرجال. ولربما يكون الجين المتنحي الموجود على الكروموسوم X مبرجعا لعب في الابسين وبذلك لا تنتج أصباغا عاملة مختصة للون الاحمر - او الاخضر ويوجد دليل قوى على ان جين كل من هذه الاصباغ يقع في مكان منفصل على الكروموسوم X.

واكثر ندرة هي حالة عىمى الالوان التي يتدخل فيها غياب الاصباغ الماصة للون الازرق. والحالات القليلة التي وجدت اشترك فيها النساء تماما مثل الرجال، لذلك فانه ربما يكون الجين المعاب (Defective) اي الذي به خلل موجودا على الاوتوسوم (Autosome) وعلاوة على ذلك، فانه يبدو ان هذا الجين سائد.

وبالاضافة إلى تزويد الاساس لرؤية الالوان، فان المخاريط تزودنا بحدّة نظرنا القوية. فعدد المخاريط المشتركة في دائرة إلى المخ هي اقل بكثير عما في حالة القضبان. وعلاوة على ذلك، فان المخاريط مرصوفة بكثافة في الفوفيا. والانسجة الاخرى، مثل الاوعية الدموية، غائبة عن هذه المنطقة من الشبكية وبذلك لا تتدخل في استقبال صورة واضحة. والصورة، على اية حال، واضحة (وملونة) على مساحة صغيرة من المنظر. وقدرتنا على توجية اعيننا بسرعة لاي شيء نراه والذي يهمننا رؤيته يجعلنا ننسى كيف ان رؤيتنا السطحية ضعيفة بهذه الدرجة.

وتذهب كل النبضات العصبية التي تولدها القضبان والمخاريط إلى المخ عن طريق الخلايا العصبية الموجودة في العصب البصري (Optic nerve)، وعند النقطة من الشبكية التي تنجّح إلى مليون خلية عصبية تقريبا على العصب البصري، لا توجد قضبان او مخاريط بالمرّة (الشكل ٢٨-١٨). وهذه البقعة (القطعة) والمساة بالبقعة العمياء، غير حساسة للضوء. ويمكنك بالعلامات الموجودة في الشكل (٢٨-٢٢) توضيح وجود البقعة السوداء بنفسك. ولا تستقبل البقع السوداء في اعيننا الاثنتين نفس الاجزاء من الجسم المرئي، لذلك فان كل عين تعوض ماتفقدة بسبب البقعة السوداء في العين الاخرى.



الشكل ٢٨-٢٢. شرح البقعة السوداء. غطى عينك اليسرى بيدك، وامسك الكتاب على بعد طول ذراع، وانظر على علامة + بعينك اليمنى. ماذا يحدث للدائرة عندما تحرك الكتاب ببطء نحوك؟

٢٨-١٢. المستقبلات الحرارية : HEAT RECEPTORS

الحرارة هي اشعاع كهربائي مغناطيسي ذات اطوال موجات اطول من موجات الضوء (الشكل ٢٨-١٢). وجلد الإنسان حساس جدا للحصول على اوفقد الحرارة. وتوزع خلال الجلد بطريقة غير منتظمة مستقبلات، عند تدفئتها، تعطى الاحساس بالدفء. وتعطى بعض المستقبلات الأخرى الاحساس بالبرودة عند تبريدها التنبيه المناسب. ويمكن تحديد مواقع هذين النوعين من المستقبلات باستخدام مجسات معدنية غير حادة الطرف وغمرها في ماء ساخن وفي مزيج من الملح ثم الثلج ثم الماء، على التوالي. والجلد غني بامداداته من الخلايا العصبية الحسية، التي يتصل الكثير منها باعضاء استقبال خاصة (الشكل ٢٨-٧). وعلى اية حال، لم يمكن حتى الان ان نعرف بالتأكيد عما إذا ما كان اي من هذه المسئولة عن اكتشاف اي تغييرات في الحرارة.

وتحتوي بعض الثعابين على مستقبلات حرارية حساسة للغاية موجودة في حفرتين موجودتين على الوجه. وهذه الحفر والمسماة (Pit vipers) موجودة في الثعابين ذات الاجراس (Rattlesnakes) (الشكل ٢٨-٢٣) وفي ثعابين فم القطن (Cotton mouth) والثعابين ذات الرأس النحاسي (Copperhead) الموجودة في امريكا الشمالية. وتساعد تلك المستقبلات هذه الثعابين في اكتشاف فريستها من ذوات الدم الحار في الظلام. ويمكن للثعابين ذوات الاجراس ان تضرب باحكام فأرا في الظلام.

وتوجد بجسم الانسان ايضا مستقبلات تكتشف التغيرات الحرارية الداخلية كما يوجد منظمان حراريان حساسان (Thermostats) في غدة الهيپوثالاماس (Hypothalamus) في المخ. وتستجيب الخلايا المستقبلية في احد هذين المنظمين للزيادات الطفيفة (٠.١ م) في حرارة الدم، ويكون نتيجة لتلك الاستجابة ان تتعاون سويا جميع الانشطة التي يبرد بها الجسم نفسه (وهي اتساع الاوعية الدموية في الجلد، العرق، غيرها) وذلك بالعمل عندما تبدأ درجة حرارة الدم في الارتفاع ويرجع



الشكل ٢٨-٢٣. ثعبان الأجراس الغربي ذو الظهر الماسي. لاحظ المستقبلات الحسية مركزة في الرأس. تستجيب العيون للأشعاعات البصرية والحفر الموجودة في أسفل فتحات الأنف، تكشف الأشعة تحت الحمراء (الحرارة). يختبر اللسان الهواء بحثاً عن جزيئات مواد ذات رائحة. (بصريح من جمعية نيويورك لعلم الحيوان).

الفضل كله إلى تلك المستقبلات الحرارية والتي تمكننا من الحفاظ على درجة حرارة أجسامنا ثابتة (Homeothermy) اثناء فترات الاجهاد، او اثناء ارتفاع حرارة البيئة. ويحافظ المستقبل الثاني الموجود في غدة الهايپوثالاماس على درجة حرارة الجسم عند تعرض الجسم للبرودة. ويساعد عمل مستقبلات الجلد الحرارية، لكن لا يستطيع الاحلال محل، عمل مستقبلات الدم الحرارية في غدة الهايپوثالاماس.

CHEMORECEPTORS

المستقبلات الكيميائية

ان مستقبلاتنا الكيميائية الموجودة في البيئة الخارجية هي براعم الذوق والموجودة اساساً على اللسان، الخلايا الطلائية الشمية والموجودة في اعلى الفراغ الانفي.

TASTE

٣٨-١٣. الذوق :

لكي يمكن تذوق مادة، لابد من ان تكون تلك المادة قابلة للذوبان في رطوبة الفم. فقط عندما تكون في محلول، يمكن لتلك المادة ان تنبه براعم الذوق (Taste buds) و

يمكن تمييز أربعة اشكال من براعم الذوق تشريحيا (مورفولوجيا)، اغلبها موجود على سطح اللسان ولو ان القليل منها موجود على الصفيحة (Plate) الموجودة عالية خلف الفم.

ويتفق معظم المجرين من الباحث على وجود اربعة انواع اولية فقط يمكن الاحساس بتذوقها وهي: الحلو، الحريف، المالح، المر. وباستخدام محاليل مخففة من السكر، حمض الهيدروكلوريك، كلوريد الصوديوم، كبريتات الكينين، على التوالي، يمكن للفرد ان يجد ان كلا من انواع التذوق الاربعة موجود في منطقة معينة من اللسان (الشكل ٢٨-٢٤). وعلى اية حال، فان محاولات تحديد اماكن تلك الانواع الاربعة اثبتت ايضا وجود تداخل في مناطق التذوق وكذلك وجود اختلافات واضحة من فرد إلى اخر.

ويمكنك ان تجادل بانه يمكنك اكتشاف اكثر من اربعة من أنواع التذوق. اذن يمكنك ذلك، ولكن يتطلب هذا عوامل اخرى. وأول كل شيء، فان اتحاد الاربعة انواع الاولى للتذوق ينتج تذوقات اخرى. واكثر اهمية من ذلك هو الدور الذي تلعبه مستقبلات الشم، الحرارة، اللمس في عملية التذوق. وإذا ما مضى انسان طعامه،



الشكل ٢٨-٢٤. يبدأ الاحساس بالتذوق في العمل في براعم اللوز الموجودة على اللسان. وعند تنبيهها بمواد كيميائية ذاتية كل يبدأ في تنبيه أحد أربعة احساسات اللوز الأولية. وبينما يكون توزيع مناطق الذوق الموجودة في الشكل، نموذجيا، يوجد تغيير محسوس من شخص إلى آخر.

ربما تهرب أبخرة خلال البلعوم الفمى إلى فراغ الأنف ويتم كشفها بمستقبلات الرائحة في أنوفنا . والفقد المحسوس في التذوق والذي نشعر به عند انسداد التجاويف الأنفية أثناء البرد يؤكد هذه النقطة . ويمكنك توضيح ذلك بوسيلة حية تحت ظروف أكثر سرورا بوضع الماء ، الذي تم وضع حبتين أو ثلاث حبات قرنفل فيه ثم غلى هذا الماء بالقرنفل ، على لسان شخص مغمض العينين ، فسرعان مايتذوق هذا الشخص المزيج في الحال عندما تكون ممراته الأنفية مفتوحة . ولكن عند مسك انفه ، على اية حال ، سيجد صعوبة كبيرة في تمييز محلول القرنفل من الماء العادي . ويلعب قوام الطعام أيضا جزءا هاما في احساسنا بالتذوق .

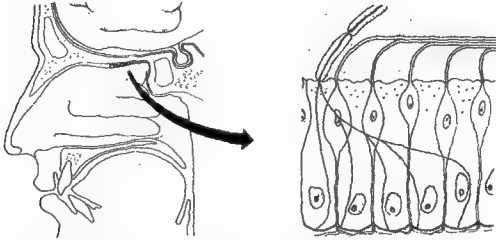
وللكثير من الحشرات احساس تذوقى كامل النمو، فأبو دقيق الادميرال الاحمر يمكنه تذوق محلول سكرورز قوته ٠,٠٠٠٠٧٨ مولار، وهي نسبة مخففة جدا بالنسبة الينا كي نتذوقه، وتوجد مستقبلات التذوق في هذه الحشرة على الأرجل . ولحشرات اخرى مستقبلات تذوق على قرون استشعارها وأجزاء فمها .

SMELL

٢٨-١٤ . الرائحة

يكشف الانسان الروائح بواسطة خلايا استقبال موجودة في مجموعتين من خلايا الشم الطلائية (Olfactory epithelia) موجودتين في اعلى الفراغ الأنفى (الشكل ٢٨-٢٥) ويبلغ حجم كل من هاتين المجموعتين حجم طابع البريد، اي ٢٥٠ ملم^٣ ويمر الهواء المسحوب خلال الفتحتين الأنفيتين على تلك الخلايا المذكورة . وتذوب الجزيئات التي تذوب في الماء والدهون الموجودة في الهواء في الطبقة المخاطية التي تغطي الخلايا الطلائية وتسبب الاحساس بالشم . ويحسن التنشيق (Sniffing) الشديد من تعريف خلايا طلائية الشم للمواد الموجود في الهواء .

والعادة اننا نعتبر حاستنا الشمية واحدة من افقر حواسنا . وحقيقة ان حاسة وقوة التمييز (القدرة على التمييز ما بين الروائح المتشابهة) لتلك الحيوانات امثال الكلب والغزالة هي احسن بكثير من مثيلتها في الانسان . وعموما ، يمكننا في الواقع اكتشاف انواع غير محدودة من الروائح (ولكن رائحة واحدة فقط في نفس الوقت) وفي كثير من الحالات عند بدايات (Thresholds) منخفضة جدا . فيمكننا ، على سبيل المثال ، اكتشاف ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ جرام من الفانيلين (العنصر الفعال في طعم الفانيليا)



الشكل ٢٨-٢٩. حاسة الشم تنشأ في خلايا الأيثلليم الشمية الموجودة في أعلى الفراغ الأنفى. يمين: ولو أن نوعين فقط من الخلايا المستقبلية يمكن تمييزهما، فالتنا نستطيع أن نفصل بين مجموعة كبيرة من المواد ذات الرائحة.

المتبخرة في ١٠٠٠ لتر من الهواء.

ولقد حيرت تلك الوسيلة العلماء لمدة طويلة. ويمكن تمييز نوعين فقط من الخلايا المستقبلية في الخلايا الشمية العلامية تبعاً لتركيبها. ويبدو من المحتمل، بالرغم من ذلك، أنه يمكن تمييز عديد (ربما سبعة) من تلك الخلايا المستقبلية عن طريق وظائفها. وطبقاً لأحدى النظريات، فإن كلا من هذه السبعة أنواع من المستقبلات تستجيب لجزيئات من طائفة (Class) معينة. وفي أغلب الاحوال، يحدد شكل جزيء نوع الطائفة (Class) الذي يوجد به وبالتالي أي مستقبل يمكنه الاتصال به مؤقتاً: وكل طائفة من الجزيئات تنتج رائحة مبهشة (Primary) مثل رائحة المسك، أو النعناع، أو رائحة حريفة، أو غيرها، وتنشأ الروائح المعقدة عندما يكون للجزيئات شكلاً يسمح لها أن تتصل بأكثر من مستقبل واحد، كما يمكنها أن تنشأ أيضاً عندما تنطلق جزيئات مختلفة من مادة الرائحة. حقيقة، فإن كثيراً من الروائح تمثل التأثير المشترك لمجموعة معقدة من المواد الكيميائية. وعلى سبيل المثال، تشترك أكثر من ١٠٠ مادة في إنتاج رائحة نباتات الجيرانيم (geraniums).

وجزء من شرح نظرتنا المتدنية (Low) التي ننظر بها إلى حواسنا الشمية هو عدم قيام تلك الحواس بدور هام في حياتنا. وتعتمد الحيوانات الأخرى كثيراً، على أية حال، على

الرائحة لتمكينها من رصد وليفتها، ومكان غذائها، والهروب من مفترساتها. ويمكن لذكر فراشة دودة الحرير ان يشم الفيرموني الذي تفرزه الفراشة الانثى من على بعد مليون او ثلاثة في اتجاه الريح، وتوجد مستقبلات الرائحة بها، كما هو الحال في الحشرات الاخرى، على قرون الاستشعار.

والقدرة الفائقة في سمك سالمون الساحب الباسيفيكي في العودة، بعد فترة تبلغ نحو ٤-٥ سنوات في البحر، إلى نفس مجارى المياه العذبة والتي ولدت فيها ربما تتدخل فيها حاسة الشم (أو التذوق - حيث لا يوجد في الحقيقة الكثير من التفرقة بين الاثنين لحيوان يعيش محاطاً بالماء). ومستقبلات الرائحة في سمك السلمون وكذلك في اغلب الاسماك العظمية موجودة في غرفتين صغيرتين امام الاعين مباشرة، يدخل ويخرج الماء في كل من هاتين الغرفتين خلال فتحات منفصلة، هي الفتحات الانفية. ومن العجيب ان نعرف ان تلك الفتحات الانفية استخدمت اولاً لاكتشاف الرائحة في حيواناتنا الفقارية السابقة. وفقط فيما بعد، عندما اصبحت الفقاريات من الحيوانات التي تستنشق الهواء، بدأ استخدام الفتحات الانفية في دخول الهواء إلى ومن الرئات.

ويوجد بالثعابين والسحالي عضو استقبال للرائحة (او التذوق؟) والمسمى بعضو جاكبسون (Jacobsons organ) في سقف الفم، هي تبرز الستها للخارج في الهواء ثم في داخل عضو جاكبسون على التوالي، بذلك يمكنها تذوق الهواء واكتشاف وجود الروائح (انظر في الخلف في الشكل ٢٨-٢٣).

٢٨-١٥ . المستقبلات الكيميائية الداخلية

INTERNAL CHEMICAL RECEPTORS

يوجد بالانسان كذلك مستقبلات يمكنها اكتشاف التغيرات الكيميائية في البيئة الداخلية. فتوجد في الشرايين السباتية (علاوه على مستقبلات الضغط التي سبق ذكرها من قبل) خلايا حساسة لزيادة تركيزات ثاني اكسيد الكربون وخلايا اخرى تكتشف بعض تركيزات الاوكسجين. وعند تنبيهها، يعمل النوعان من الخلايا على بدء النبضات العصبية والتي بدورها تزيد من معدل التنفس ومعدل دق القلب (انظر قسمي ٢١-٩ ، ٢٣-١٩).

وتوجد كذلك مستقبلات ثاني اكسيد الكربون الحساسة في النخاع المستطيل وهذه تبدأ النبضات العصبية المتحكممة في معدل وعمق التنفس، وهي تزودنا باحسن تحكم متقن على هذه الوظيفة (انظر قسم ٢-٩) .

وينشأ إحساسنا بالعطش كنتيجة خلايا خاصة في غدة الهيبوثالاماس في المخ، وهي خلايا حساسة للغاية للتغيرات في الضغط الاسموزي للدم . فاذا ما زاد الضغط الاسموزي (نتيجة لفقد الماء او لزيادة تناول الاملاح) ، نصبح بسرعة عطشى . علاوة على ذلك ، يفرز هورمون (ADH) من الفص الخلفي للغدة النخامية والذي يعمل على انابيب الكلية للقيام باعادة امتصاص اكبر قدر من الماء . ولعلك تتذكر (انظر قسم ٢٧-٩) انها هي غدة الهيبوثالاماس نفسها هي التي تصنع (ADH) لتخزينه في الفص الخلفي للغدة النخامية .

واثبت التجارب باستخدام العديد من حيوانات المعمل، غالبا الفئران البيضاء، وجود زوجان من المناطق في غدة الهيبوثالاماس اللذان ينظمان التغذية، وتنشيط احد الزوجين - ولنتطرق عليه مركز الجوع الذي ينبه الحاجة إلى التغذية. وتسبب هذه المناطق جعل الحيوان منقطعاً عن التغذية حتى ولو كان جوعاً، كما سبب تنبيه الزوج الثاني - مركز الشبع - تثبيط مركز الجوع . وعلى ذلك فان تلف مركز الشبع هذا يسبب الرغبة إلى التغذية بدون تحكم ، في الحقيقة ، لدرجة ان الحيوان يصبح سمينا جدا . ولقد اصبحت الفئران بالفعل ثقيلة اذ اصبحت وزنها كيلوجرام واحد بعد اتلاف مركز الشبع بها .

ولازالت طبيعة المنبه الذي يتم اكتشافه بمركز الشبع غير مؤكدة، فالحايات العصبية التي تزيد من اشعالة عند تعرضه للتركيز المتزايد من الجلوكوز موجودة في مركز الشبع . وعلى اية حال ، يوجد دليل كاف على ان هذه المراكز تستجيب للمستويات المتزايدة من الكوليستيروكينين (CCK - Cholesty stokinin) في الدم . وعلاوة على ذلك ، فانه يوجد الدليل على ان الاشارة (او الاشارات) الكيميائية التي تثبط عملية التغذية يتم بدورها في الجهاز العصبي وتقر الاشارة في خلايا عصبية حسية إلى مراكز الشبع في الجهاز العصبي المركزي . ولربما تعمل عدة وسائل سوية لتسبب في ايقاف التغذية .

٢٨-١٦. المستقبلات المغناطيسية والمستقبلات الكهربائية

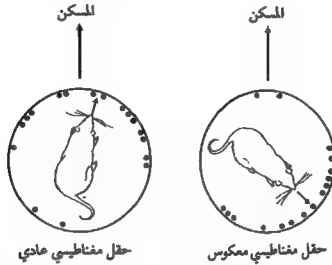
MAGNETORECEPTORS AND ELECTRORECEPTORS

في السنوات الاخيرة، تجمعت الدلائل على انه يمكن للكثير من الحيوانات اكتشاف الحقل المغناطيسي للأرض. واثبتت تلك الدلائل عن طريق ملاحظة التغيرات في سلوك التعرف على الموطن (Homing) اذا ما حاولنا تغيير قدرة الحيوان بالاحساس للمغناطيسية الأرضية. وعلى سبيل المثال، فانه عند عودة الحمام إلى موطنه يتغير اتجاهه السليم عند وضع مغناطيس على جانبي راسه. وعلى أية حال، يحدث هذا التغير في الاتجاه السليم فقط في الايام التي بها سحب، مما يجعلنا نقترح ان قدرة الملاحه بالدلائل المغناطيسية هو نظام مخزن (Backup).

وتشاهد ظاهرة مماثلة في فئران الخشب، التي إذا اخذت من منطقة سكنها إلى منطقة اخرى تبعد نحو ٤٠ متراً، فان الفئران توجه نفسها تجاه مسكنها الاصلي (الشكل ٢٨-٢٦). ولكن في حالة نقلها بعيداً عن مسكنها، ووضعها في مجال مغناطيسي معاكس للمجال المغناطيسي الأرضي عند هذا الموقع، فان الفئران توجه نفسها في اتجاه مخالف للاتجاه الحقيقي لمسكنها. وعلى أية حال، يحدث هذا الخطأ فقط إذا لم يسمح لتلك الفئران برؤية المنطقة التي نقلت إليها.

ولقد وجد الدليل على قدرة الاستجابة للحقل المغناطيسي الأرضي كذلك في نحل العسل، في البلاتناريات (Planarians) والقواقع، السلماندر، الدلافين الباسيفيكي، حتى في البكتيريا (انظر قسم ٣١-٣). الانسان. فما هي طبيعة المستقبل؟ وجد ان الكثير من هذه الحيوانات تحتوي على مواد مغناطيسية. ففي الحمام، تتكون هذه المادة من حبيبات ميكروسكوبية من مادة الماجنتيتات (Magnetite) (Fe_2O_3) موجودة قرب سطح المخ، والنسيج المحتوي على الماجنتيتات غنى بالخلايا العصبية، ولكن لا يعرف احد كيف تولد تلك المواد المغناطيسية الدقيقة النبضات العصبية.

ويوجد بعدد من الاسلاك المسماة بالاسلاك الكهربائية اعضاء تولد حقولاً كهربائية في الماء. ولقد تم شرح خواص تلك الاعضاء الكهربائية في الباب الثلاثين من هذا الكتاب. ويبدو ان الاسلاك تستخدم المعلومات المتجمعة بواسطة مستقبلاتها



شكل ٢٨-٢٦. يسار: اتجاه التحلجها فيران الخشب بعد ابعادها من مسكنها في صندوق مغلق. يمين: نفس التجربة، فيما عدا أن الفيران تعرضت لحقل مغناطيسي معكوس بمجرد نقلها من مسكنها. كل نقطة تمثل الوجهة التي التحلجها فأر واحد والسهم بداخل كل دائرة يمثل متوسط كل الفيران. الفيران نقلت الى صندوق مفتوح كي يمكنها رؤية علامات أرضية موجهة توجيهها صحيحا سواء أكانوا أم لا معرضون لحقل مغناطيسي غير طبيعي. (معتمدا على أعمال ماخر، بيكر، مجلة Na-ure ٢٩١ - ١٥٢ ١٩٨١).

الكهربائية في اغراض متنوعة مثل الملاحه في مياه معتمه وكذلك الاستجابة للأفراد الاخرى التابعة لنوعها. وتمتلك بعض الاسماك التي لم توجد بها اجهزة كهربائية بالرغم من ذلك مستقبلات كهربائية وربما تستخدم مثل تلك الاسماك هذه المستقبلات لتجنب الاسماك الكهربائية المفترسة .

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

يعتمد كل توافق عصبي على وجود مستقبلات تنبيه خاصة، وهذه تتسبب في السريان المستمر للمعلومات طبقا لحالة البيئات الخارجية والداخلية. ولانجاز وظائفهم، فإن جميع مستقبلات التنبيه لابد من ان تزود بثلاثة صفات :

- (١) لابد من ان يكون تكوينهم بحيث ان تكون لهم مدخل او بداية (Threshold) لنوع واحد من المنبهات .
- (٢) لابد من اتصالهم بخلية عصبية .
- (٣) لابد من مقدرتهم على بدء النبضات العصبية في تلك الخلية العصبية .

واغلب مستقبلات التنبيه في اجسامنا مزودة بصفة رابعة وهي قدرتها على الملاءمة (Adapting) السريعة للمنبهة. وعند حدوث المنبه اولا ، يبدأ المستقبل العديد من النبضات في الخلايا العصبية الحسية التي يتصل بها . ويالتعرض الثابت للمنبه ، على اية حال ، فان معدل بدء النبضات يقل ثم بالتدريج يتوقف كلية . وقد شرحنا مثالا واحدا لمثل هذه التكيفات الحسية في مناقشتنا لحوصلة باسينيان . ولعلك تسأل عما إذا كانت الملاءمة تحدث في الرؤية وهي تحدث بالفعل ، من خلال حركات طفيفة ومستمرة ولا إرادية من أعيننا ، فاننا نحول موقع الصورة على الشبكية في اعيننا وبذلك نستمر في مشاهدة المنظر حتى ولو لم يحدث تغيير فيه . فقط فانه يبدو ان مستقبلات الانفراد (اي الامتداد Stretch) كذلك الموجودة في عضلاتنا واوتارنا وفي جدر الاورطة والشرابين السباتية تتكيف قليلا للتنبيه المستمر .

ونكتشف بعض مستقبلات التنبيه المنبهات الناشئة من داخل الجسم . وغالبا ، ولكن ليس دائما ، فالنبضات العصبية المتولدة منها لاتصنع بدراية (وعى) في المخ . ونكتشف مستقبلات اخرى المنبهات في البيئة الخارجية وعموما ، تسبب تلك المنبهات احساسات واعية . ومن الاهمية بمكان ان نتحقق ان الاحساسات (الشعور) توجد فقط في المخ وليس في العضو الذي يكتشف هذا المنبه . وترسل جميع اشكال مستقبلات التنبيه نفس الرسالة إلى المخ : نبضات كيميائية كهربائية في الخلايا العصبية الحسية . انه هو المخ الذي يجدد المعاني لتلك النبضات . ولا تزال المنبهات تكتشف ولا تزال كذلك ترسل النبضات العصبية إلى الجهاز العصبي المركزي ، لكن لا يستطيع المخ تحديد اي تفسير لتلك النبضات وعلى ذلك لا يحدث الاحساس . ومن جهة اخرى ، قد يستمر الشخص الذي بترت ساقه في الشعور بالآلم (شبح ألم Phantom Pain) في الرجل المتبورة . وفي مثل هذه الحالة ، تستمر بقايا (اثر) الخلايا العصبية الحسية في بقية العضو الملقطوع (الرجل المتبورة) في ارسال النبضات إلى المخ . فالخ وحده هو الذي يترجم هذه النبضات ليدل على وجود الآلم في التركيب الذي يعتبر غائبا الآن .

واكتشاف التغيرات في البيئات الخارجية والداخلية هو الخطوة الاولى والتي يمكن بها التوصل إلى الاستجابة والتوافق العصبيين . وتشمل الخطوة التالية وصول النبضات العصبية من جزء إلى اخر في الجسم . والعمليات التشريحية والفسيولوجية والتي بها تدور النبضات العصبية خلال الجسم هي موضوع الباب التالي .

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسابئل :

- ١ - عند محاولة رؤية نجم باهت اثناء الليل ، فان من المفيد ان تنتظر قليلا بعيدا عن النقطة التي يوجد بها النجم . هل يمكنك التفكير في شرح ذلك؟
- ٢ - ما هي مستقبلاتنا الحسية التي تكتشف الحوادث الجارية خارج اجسامنا؟
- ٣ - ما هو المنبه ؟
- ٤ - لماذا لا نهتم باستمرار بلمس او ضغط ملابسنا؟
- ٥ - ماهي الوظيفة الشائعة (المشتركة) لكل مستقبلاتنا الحسية؟
- ٦ - ماهي الاشياء التي تشابه فيها العين المركبة وعين الانسان في الوظيفة ؟ وما هي الاشياء التي يختلفان فيها؟

REFERENCES

المراجع :

1. STEVENS, C. F., "The Neuron", Scientific American, Offprint No. 1437, September, 1979.
2. MORELL, P., and W. T. NORTON, "Myelin", Scientific American, Offprint No. 1469, May, 1980.
3. KEYNES, R. D., "Ion Channels in the Nerve - Cell Membrane", Scientific American, Offprint No. 1423, March, 1979. Considers the part they play in the propagation of action potentials.
4. LOWENSTEIN, W. -R., "Biological Transducers", Scientific American, Offprint No. 70, August, 1960. Shows how sense receptors convert environmental stimuli into nerve impulses, with special emphasis on the Pacinian corpuscles.
5. FRIEDMANN, I., "The Mammalian Ear", Oxford Biology Readers, No. 73, Oxford University Press, Oxford, 1976.
6. PARKER, D. E., "The Vestibular Apparatus", Scientific American, Offprint No. 1484, November, 1980. How the inner ear helps maintain balance and orientation.
7. ROEDER, K. D., "Moths and Ultrasound", Scientific American, Offprint No.

- 1009, April, 1965 Describes how certain moths are able to detect and respond to the sonar signals of the bats that prey on them
- 8 HORRIDGE, G. A., "The Compound Eye of Insects", Scientific American, Offprint No. 1364, July, 1977
- 9 WEALE, R. A., "The Vertebrate Eye", Oxford Biology Readers, No. 71, Oxford University Press, Oxford, 1974
- 10 RUSHTON, W. A. H., "Visual Pigments and Color Blindness". Scientific America, Offprint No. 1317, March, 1975. Each type of color blindness results from the loss of or an abnormality in one of the three cone pigments.
- 11 NEWMAN, E. A., and P. H. HARTLINE, "The Infrared Vision of Snakes", Scientific American, March, 1982.
12. HELLER, H. C., L. I. CRANSHAW, and H. T. HAMMEL, "The Thermostat of Vertebrate Animals", Scientific American, Offprint No. 1398, August 1978
13. SCHNEIDER, D., "The Sex - Attractant Receptors of Moths", Scientific American, Offprint No. 1299, July, 1974. One molecule of attractant is sufficient to trigger a nerve impulse in the neuron attached to the receptor

CHAPTER 29

الباب التاسع والعشرون

THE NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبي

THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبي المركزي:

THE SPINAL CORD

١-٢٩ . الحبل الشوكي:

THE BRAIN

٢-٢٩ . المخ:

THE HIND BRAIN

٣-٢٩ . المخ خلفي

THE MIDBRAIN

٤-٢٩ . المخ الأوسط

THE FOREBRAIN

٥-٢٩ . المخ الأمامي:

THE PROCESSING OF VISUAL INFORMATION

٦-٢٩ . تحليل المعلومات البصرية

THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبي السطحي

THE SENSORY - SOMATIC SYSTEM

٧-٢٩ . الجهاز الحسي - الجسمي

THE AUTOMATIC NERVOUS SYSTEM

٨-٢٩ . الجهاز العصبي الذاتي

THE SYMPATHETIC NERVOUS SYSTEM

٩-٢٩ . الجهاز العصبي الودي

THE PARASYMPATHETIC NERVOUS SYSTEM

١٠-٢٩ . الجهاز العصبي الباراسمبثاوي

DRUGS AND THE NERVOUS SYSTEM

١١-٢٩ . العقاقير والجهاز العصبي:

1- STIMULANTS

١- العقاقير المنبهة

2- DEPRESSANTS

٢- العقاقير المهدئة

3- HALLUCINOGENS

٣- عقاقير الهلوسة

١٢-٢٩ . الببتيدات المشابهة للمستحضرات الأفيونية في المخ

OPITATE - LIKE PEPTIDES IN THE BRAIN

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

REFERENCES

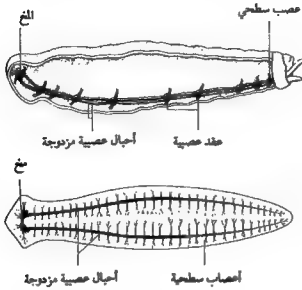
المراجع

الباب التاسع والعشرون

الجهاز العصبي

في معظم الحيوانات يمكن للمرء أن يميز قسمين رئيسيين للجهاز العصبي . ويتكون الجهاز العصبي المركزي (Central Nervous System) ذو الأشكال المختلفة كما في البلاتاريات ، دودة الأرض ، النطاط من كتل من أجسام الخلايا والعقد العصبية ، وعموماً توجد العقد في أجزاء من الجسم حيث تستقبل كميات لا بأس بها من المعلومات (مثل الرأس) أو حيث الحاجة إلى التحكم الدقيق في العضلات (مثل تلك الموجودة قرب أجزاء الفم) . وتتصل العقد مع بعضها البعض بواحد أو أكثر من الأحيال العصبية التي تتكون أساساً من محاور (ألياف) (أكسونات Axons) خلايا عصبية بينية أو رابطة (Interneurons) ، (الشكل ٢٩-١) ، وتجري أعصاب حسية وموصلة إلى ومن العقد . وتتجمع تلك الأعصاب في حزم على هيئة كابلات (Cables) عصبية لتكون الجهاز العصبي السطحي (Peripheral Nervous System) . ولأن أغلب الأعصاب (Nerves) تحتوي على كلا الألياف (Axons) الحسية والموصلة فهي لذلك تسمى بالأعصاب المختلطة (Mixed Nerves).

ويقوم الجهاز العصبي السطحي بإخبار الجهاز العصبي المركزي عن المنبهات التي تم اكتشافها ويتسبب في استجابة العضلات والغدد لتلك المنبهات، ويعمل الجهاز العصبي المركزي كمركز توافق للعمليات التي تحدث . ومن كل ما ذكرنا، يجب أن يكون واضحاً أنه لا يمكن لكل من الجهاز العصبي المركزي أو الجهاز العصبي السطحي أن يعمل مستقلاً عن الآخر . وعلى أية حال، فبالتعامل مع كائن معقد كالإنسان يمكننا أن نتفهم الصفات الخاصة لكل جهاز إذا ما قمنا بدراسة كل منها على انفراد .



الشكل ٢٩-١ . الجهاز العصبي في النطاقي (فوق) والبلاناريان (أسفل)

THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبي المركزي

يتكون جهازنا العصبي المركزي من الحبل الشوكي والمخ .

THE SPINAL CORD

١-٢٩ . الحبل الشوكي

الحبل الشوكي هو حبل أبيض لامع يسير من قاعدة المخ الى أسفل خلال الفقرات العظمية الظهرية . ويظهر القطاع العرضي للحبل الشوكي أن المنطقة الخارجية فقط، المادة البيضاء (White matter) للحبل، هي المنطقة البيضاء والمنطقة الداخلية هي المادة السنجابية أو الرمادية "gray matter" وتجري رأسياً خلال المادة السنجابية قناة مركزية مملوءة بمادة نخية - حبل شوكية (Cerebrospinal) كما تتصل القناة بفراغات (بطينات ventricles) في المخ والمملوءة أيضاً بنفس السائل .

وتتكون المادة البيضاء أساساً من ألياف عصبية طويلة (Myelinated) تجري لأعلى ولأسفل في الحبل الشوكي . وتزدحم المادة السنجابية بأجسام الخلايا العصبية البينية (الرابطة) والموصلة .

وعلى مسافات متساوية على طول كل جانب من جانبي الحبل الشوكي يوجد ٣١ زوج من البروزات هي جذور (Roots) الأعصاب، تتحد تلك الجذور مباشرة لتكون

الأعصاب المختلطة للجهاز العصبي السطحي . وتتم جميع الخلايا العصبية الحسية التي تصل الى الحبل الشوكي في عصب مختلط بداخل جذر ظهري (علوي) ثم الى المادة السنجابية للحبل الشوكي نفسه . وتقع أجسام تلك الخلايا العصبية الحسية في عقد عصبية في الجذور العلوية (الظهرية) (أنظر الشكل ٢٨-١) . وتتم جميع خلايانا العصبية الموصلة والتي تنشأ في الحبل الشوكي للخارج خلال جذور سفلية (بطنية) قبل اتحادها مع الأعصاب الحسية لتكون الأعصاب المختلفة .

ويمكن توضيح فصل الأعصاب الحسية عن الأعصاب الموصلة في الجذور بسهولة عند قطعها بدون قصد أو عند تلفها . ويسبب اتلاف الجذور الظهرية فقدا في الأحساس في هذا الجزء من الجسم والذي كان يزود الجذور التالية بالنبضات العصبية . ويسبب اتلاف الجذور البطنية (السفلية) من جهة أخرى ، شللا عضليا في هذا الجزء من الجسم والذي يزود بالخلايا العصبية الموصلة التي تمر خلال تلك الجذور . وللحصول على شلل أو تخدير جوهري ، لابد من قطع عدة جذور مجاورة وذلك بسبب وجود تداخل كبير في الوظيفة بين الأعصاب المختلطة التي تكونها تلك الجذور .

ويقوم الحبل الشوكي بوظيفتين في التوافق العصبي . أولا ، يوصل الجهاز العصبي السطحي بالمخ ، حيث أن المعلومات التي تصل الى الحبل الشوكي عن طريق الخلايا العصبية الحسية قد تنتقل لأعلى الحبل بواسطة الخلايا العصبية البينية (الرابطة) وتقارن تلك المعلومات في المخ الذي يتخذ الفعل المناسب ، وتسير النبضات الخارجة من المخ إلى أسفل ذاهبة الى الحبل الشوكي عن طريق خلايا عصبية بينية أخرى ثم تترك الحبل الشوكي في الخلايا العصبية الموصلة .

ولا تكون الخلايا العصبية البينية الكثيرة التي تحمل النبضات من مستقبلات خاصة أو الى مؤثرات خاصة مرتبة ترتيبا عشوائيا في الحبل الشوكي بل بدلا من ذلك ، فانها تكون مجمعة سويا في طرق أو عمرات (Tracts) وكل من النبضات الاتية من مستقبلات اللمس ومستقبلات الحرارة (Proprioreceptors) وغيرها تمر الى أعلى الحبل الشوكي في عمراتها (طرقها) الخاصة ، وكذلك النبضات المارة الى أسفل الحبل الشوكي الى الخلايا العصبية الموصلة تمر في مسارات خاصة . والعجيب في الأمر ، أن

النبضات التي تصل الى الحبل الشوكي من الجهة اليسرى للجسم تمر بالتالي الى مسارات تسير لأعلى الى الجهة اليمنى من المخ، والعكس بالعكس. وفي بعض الحالات يحدث هذا العبور (Crossing over) بمجرد دخول النبضات الى الحبل الشوكي، في حالات أخرى لا يحدث هذا العبور الا بعد دخول المسارات بالفعل الى المخ.

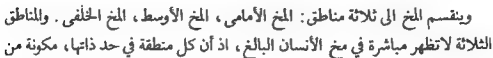
والوظيفة الثانية للحبل الشوكي هي العمل كمركز توافق صغير، اذ يمكن للنبضات المنعكسة، مثل السحب المنعكس، أن يحدث خلال الفعل الوحيد للحبل الشوكي. ولا يحتاج المخ استلام أوبداء أي نبضات عصبية لحث الفعل بنجاح. ولو أنه يمكن أداء بعض التوافق البسيط فقط عن طريق الحبل الشوكي بمفرده، فان أفعال الحبل الشوكي هي أكثر تعقيداً عما كنا نعتقد. وحتى لأجل استجابة بسيطة مثل السحب المنعكس (Withdrawal Reflex) لابد من تنبيه الكثير من الخلايا العصبية الموصلة في الوقت المناسب بينما يحدث تثبيط خلايا عصبية موصلة أخرى.

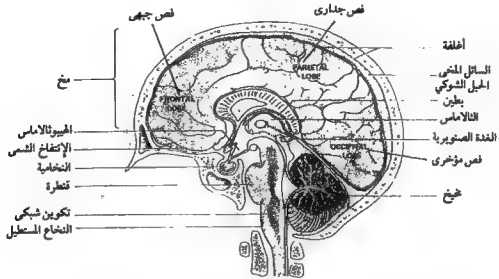
THE BRAIN

المخ:

فهنا لنشاط المخ أقل من فهمنا لنشاط الحبل الشوكي. وأساساً، يستقبل المخ (Cerebrum) النبضات العصبية من الحبل الشوكي ومن أعصاب في الجمجمة تذهب مباشرة الى المخ من العينين، الأذن الداخلية، وغيرها. والعملية التنظيمية هي المفتاح لعمل المخ: الأحاسيس الواعية، الذاكرة، ارتباط منه مع منه آخر أو مع ذاكرة، الأداء المتوافق للجسم اللازم للاستجابة السليمة كل ذلك يعتمد على الدوائر التي تتخذها النبضات بداخل المخ. علاوة على ذلك فان بدء النبضات المطلوب ارسالها الى الخلايا العصبية الموصلة للجسم لا يعتمد بالضرورة على النبضات الحسية التي تصل الى المخ. ومن الواضح تماماً أنه يمكن لمخ الإنسان بدء استجابات الجسم ببساطة كنتيجة لنشاط موجود بداخل الجسم نفسه. والمثال على ذلك هو الفعل الذي يتخذ نتيجة لتذكر شيء فجأة، والدليل يجعلنا نقترح أن مخ الإنسان فريد في هذا الشيء. وجودة الأرض والنشاط والضفدعة، على سبيل المثال، تبدو أنها أكثر اعتماداً على منبهات خاصة لبدء استجاباتها لتلك المنبهات. ونحن نقول أن المخلوقات أكثر في سيادتها على احساساتها.

ويتكون مخ الإنسان من نصف كرتين كبيرتين (الشكل ٢٩-٢). وبسبب عبور مسارات الحبل الشوكي، فان النصف الكروي الأيسر للمخ يتحكم في الجانب الأيمن





الشكل ٢٩-٣. مخ الانسان - مقطوع بالطول بين نصفي المخ الكرويين.

عدة أجزاء أو فصوص (Lobes). وعلى أية حال، يكون شكل المخ واضحا، أثناء نموه في الجنين. ويتركب مخ جميع الحيوانات الفقارية من هذا المخطط الأساسي (الشكل ٢٩-٢).

THE HINDBRAIN

٢٩-٣. المخ الخلفي:

الجزءان الرئيسيان للمخ الخلفي هما النخاع المستطيل (Medulla oblongata) والمخيخ (Cerebellum). ويأخذ النخاع المستطيل ببساطة مظهر الطرف المنتفخ للحبل الشوكي، ولو أنه صغير في الحجم، إلا أنه ضروري للغاية للحياة. فالنضات العصبية التي تنبه العضلات بين العضلية والحجاب الحاجز وبذلك تسمح بالتنفس، تنشأ في النخاع المستطيل. والأعصاب المنظمة لدقات القلب، وقطر الشرايين ووظائف أخرى هامة، تنشأ كذلك في النخاع المستطيل. ولا يكون مستغربا إذا علمنا أنه ينتج عن تلف النخاع المستطيل الموت الفوري وليس لدينا التحكم الواعي المباشر على وظائف النخاع المستطيل ولو أنه يمكننا أن نحور وظيفة بعض الشيء عن طريق استخدام مراكز غية أخرى.

ويتكون المخيخ من نصفي كرة ملتقان بعمق، يبدو أن أهم وظيفة له هي توافق

النشاط الحركي في الجسم، يبدأ مثل هذا النشاط بنبضات ناشئة في المنطقة الموصلة (Motor) للمخ الأمامي. ولا تسافر هذه النبضات الى أسفل النخاع الشوكي لتذهب الى الخلايا العصبية الموصلة فقط، بل تمر أيضا في المخيخ. وعند القيام بعمل الجسم، ترسل كذلك نبضات عصبية آتية من المستقبلات الحرارية (Proprioceptor-tors) الاعين، القنوات النصف دائرية وغيرها، الى المخيخ. وربما بطريقة ما يقارن المخيخ هذه المعلومات والتي يقوم بأدائها الجسم بالفعل بما يمليه المخ الأمامي على الجسم بالقيام به ويرسل اشارات معدلة التي يحتاج اليها الجسم. وربما يفسر دور المخيخ في الحركة، التوجيه، التوازن، سبب كبر حجم المخيخ النسبي في الطيور (الشكل ٢٩-٢)، اذ لابد للطير من القدرة على التحرك في الجو (الفضاء) بسرعة وبدقة في ثلاثة أبعاد بينما نحن وحيوانات أرضية أخرى نقضى معظم حياتنا بحرية على أسطح مسطحة تقريبا.

THE MIDBRAIN

٢٩-٤. المخ الأوسط

ان المخ الأوسط في الإنسان صغير نسبيا وغير ظاهر، وهو يربط النبضات العصبية بين المخ الأمامي والمخ الخلفي وبين المخ الأمامي والأعين، كما يشارك كذلك في الحفاظ على التوازن. وفي بعض الفقاريات الأخرى يكون المخ الأوسط كبير نسبيا. والفصوص البصرية الواضحة في الأسماك، البرمائيات، الزواحف والطيور هي جزء من المخ الأوسط (الشكل ٢٩-٢).

وتسبب لأعلى خلال مركز النخاع المستطيل والمخ الأوسط شبكة من الألياف العصبية تعرف باسم التكوين الشبكي (Reticular formation) والتي تستخدم في تشييط أو إيقاف المخ الأمامي. وتتوحد المسارات الحسية للحيل الشوكي الى المخ الأمامي وللتكوين الشبكي. كما يمكنك أن تخمن من تجاربك الخاصة، فان التكوين الشبكي اختياري (انتخابي) في عملة، اذ ربما لا يمكنه إيقاف (تحريك) المخ الأمامي في حالة كبرة، ولكنه يستلم المنبهات المضادة (مثل أصوات وسائل المواصلات)، قد تسبب فرقة لوح أرضي، من جهة أخرى، الأيقاظ الفوري. وينتج عن تلف التكوين الشبكي اغفاءة دائمة بطبيعة الحال والموت.

المخ الأمامي

THE FOREBRAIN

يتكون المخ الأمامي من نصفين كرويين كبيرين ملتفين بعمق، وكل من هذين النصفين مقسم إلى أربعة فصوص: الجبهي (Frontal) والجداري (Parietal) والمؤخري (Occipital) والصدغي (Temporal) (الشكل ٢٩-٣). وفي غالبية الفقاريات الأخرى (مثل الضفدعة) توجد فصوص شمية كبيرة موجودة كنموات خارجية من المخ (الشكل ٢٩-٣) ولكن هذا الجزء الأخير في مخ الإنسان صغير نسبياً. ويحتوي المخ الأمامي كذلك على الثالاماس وفوق الثالاماس (الهيبوثالاماس) وجزء من الغدة النخامية، والغدة الصنوبرية (Pineal gland).

ولا يوجد بكل تأكيد جزء آخر في الجسم يفصل الإنسان عن باقي الفقاريات مثل المخ. ويبلغ حجم نصفى المخ في المتوسط نحو ١٣٥٠ مليلتر في الإنسان، بينما يمتلك القليل من الثدييات الكبيرة مثل الحيتان حجماً أكبر من ذلك. ونسبة حجم المخ إلى باقي الجهاز العصبي المركزي أكبر بكثير في الإنسان عنه في أي حيوان فقاري آخر.

ونحن والثدييات الأخرى نمتلك صفة هامة أخرى في نظام المخ. فالجزء الخارجي للمخ، وهو القشرة (Cortex) يتكون من المادة السنجابية وهي كتل من أجسام الخلايا. والألياف العصبية المغلفة والتي تتكون منها المادة البيضاء وتوجد بداخل نصفى كرتي المخ. وهذا، إذا أعدت التفكير، هو عكس نظام الحبل الشوكي وهو كذلك عكس نظام المخ في الحيوانات الفقارية الأخرى. وسطح مخ الضفدعة لامع وأبيض مثل باقي كل الجهاز العصبي المركزي.

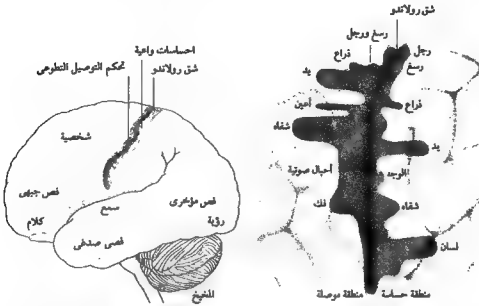
والأهمية في هذا النظام المعكوس سببها المساحة السطحية الأكبر لأبواء أجسام الخلايا. وتعتمد الحواس الغير عادية للمخ في الإنسان بكل تأكيد على العدد الهائل (أكثر من عشرة بلايين) من الخلايا العصبية الموجودة في قشرة المخ والعدد الكبير الذي لا يمكن تصوره (١٠^{١١}) من الاتصالات المحتملة التي يمكن أن تحدث بين تلك الخلايا. وتبيء الالتفات العميقة لقشرة المخ مساحة سطحية اضافية لتشغلها أجسام تلك الخلايا.

وأقل من ١٪ من الخلايا العصبية في المخ ترسل أليافاً عصبية خارج هذا المخ إلى

أجزاء أخرى منه . فإذا يمكن إذن لهذه الأعداد الهائلة من الخلايا العصبية الموجودة داخل المخ أن تقوم به؟ اليوم، يمكننا أن نفعل أكثر قليلا من مجرد التخمين إذ أننا نعرف أن الكثير من الأنشطة الكهربائية تحدث في المخ وعن طريق استخدام جهاز رسم المخ (Electroencephalograph) وهو جهاز يكتشف ويسجل أمواج المخ، يمكن معرفة التغيرات التي تحدث في الأنشطة الكهربائية أثناء النوم، اليقظة، الهيجان، الخ. ولقد استخدم هذا الجهاز بنجاح حتى في تشخيص اضطرابات المخ مثل نوبات الصرع. وبالرغم من النجاح المحدود لهذه الطريقة، فما زلنا عمليا لانعرف شيئا عن الأنشطة الداخلية للمخ.

ولو أن تفاصيل الأنشطة الكهربائية للمخ غير مفهومة بوضوح، فقد تم اكتشاف بعض الوظائف العامة للمخ. وكانت تلك الاكتشافات نتيجة ثلاثة أنواع من الدراسات. الأولى كانت باتلاف جزء من المخ وملاحظة ما يحدث للضحية. وبينما كانت هذه العملية تجرى بنجاح على حيوانات العمل (مع اتخاذ جميع الاحتياطات التي يمكن أن ينالها المريض الادمي) كان من الواضح الخطورة في اجراء مثل تلك العمليات في الإنسان. وعلى أية حال، فإن كثيرا من حالات تلف المخ نتيجة أذى (ضرر) أو عدوى تمت دراستها في الإنسان ونسبت الى أعراض معينة.

والعملية الثانية هي كشف المخ ثم تنبيه أجزاء دقيقة منه بالأكترودات ولو أن هذه الطريقة محدودة الاستخدام في حيوانات العمل فقط، إلا أن كثيرا من الأفراد الادميين الذين تجري لهم عمليات جراحة في المخ قد تطوعوا للقيام بمثل تلك التجارب عليهم بينما تكون أغماخهم مكشوفة. ولا تسبب تلك العملية أية آلام للمريض، عندما لا يكون المريض تحت تأثير المخدر فإنه يمكنه أن يسجل احساساته الذي يقوم باجراء التجربة. ولقد أمدنا هذا النوع من التجارب برؤية داخلية كبيرة في وظائف المخ. وعلى سبيل المثال، أثبتت مثل تلك التجارب وجود شريط من القشرة (Cortex) يسير موازيا لشق رولاندو (Rolando) وأمامه (الشكل ٢٩-٤) والذي يتحكم في عمل العضلات الهيكلية للجسم. ويتبع عن مناطق منفصلة بداخل هذا الشريط انقباض العضلات التي تتحكم فيها تلك المنطقة. وكلما زادت المنطقة المشتركة من القشرة في هذا التنبيه، كلما زاد تزويد هذا الجزء من الجسم الذي تتحكم فيه المنطقة المذكورة من القشرة بالخلايا العصبية الموصلة.



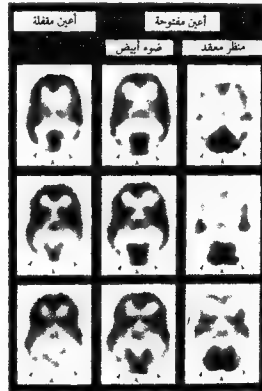
الشكل ٢٩-٤. وظائف المخ في الإنسان. المناطق الحسية والموصلة المجاورة لشِق رولاندو تشاهد بالتفاصيل في الرسم الأيمن. والجانب الأيسر للمخ (والذي يرى هنا) يهتم بالجانب الأيمن للجسم، والعكس بالعكس.

ولقد تم اكتشاف منطقة في شريط موافق من القشرة خلف شِق رولاندو وتختص هذه المنطقة بالأحاسيس (الشعور) من مختلف أجزاء الجسم. وعند تنبيه بقع منعزلة من هذا الشريط كهربائياً، يسجل المريض احساساً في بعض تلك المناطق المعينة من الجسم، بذلك يمكن اعداد خريطة طبقاً لمثل تلك التسجيلات (أو التقارير) (الشكل ٢٩-٤).

وعند تنبيه مناطق من الفص المؤخرى (Occipital lobe) كهربائياً، يسجل المريض الأحاسيس بالضوء. وليست تلك المنطقة من هذا الفص ضرورية فقط للفعل الأول للرؤية، لكن بعض المناطق الموجودة بداخل هذا الفص ضرورية للمشاركة المطلوب اتخاذها مع الشيء المرئي. وأي ضرر لتلك المناطق لا يتسبب عنه عدم قدرة الشخص في رؤية الأشياء جيداً ولكن يتسبب في عدم قدرته على ربط تلك الأشياء المرئية بالتجارب السابقة - وهي التعرف عليها. ويعرف مثل هذا الخلل باسم أفاسيا (Aphasia)، وتوجد مراكز السمع وفهم ما نسمع في الفصوص الصدغية.

وظهرت حديثاً الطريقة الثالثة لدراسة وظيفة المخ. وللمخ شهية شرهة للجلوكوز

والأوكسجين ولو أن المخ يمثل فقط ٢٪ من وزن الجسم، إلا أن تنفسه يستهلك ٢٠٪ من الأوكسجين الذي يدخل الجسم وقت الراحة. وعند تزويد المخ بمشتق للجلكوكوز يسمى ديو كسيجلوكوز Deoxyglucose، تنخدع الخلايا المتنفسة وتأخذ المادة المذكورة بداخلها وتحولها إلى (Glycolysis) (انظر إلى مشتقها الفوسفوري في أول خطوة من عملية الجلكزة الشكل ٧-٥). وعلى أية حال، لا يحدث لتلك المادة تكسير أكثر من ذلك، لذلك فهي تتجمع في الخلايا. وكلما زاد نشاط الخلايا، كلما زاد الديوكسيجلوكوز المتجمع فيها. ويتجمع ايزوتوب مشع قصير العمر مع الديوكسيجلوكوز واستخدام جهاز "PET scanner" فمن الممكن رؤية تلك المناطق التي تنفس بشراهة في المخ. وعند، على سبيل المثال، سؤال أشخاص كي يفتحوا أعينهم لرؤية أحد المناظر، تزداد كمية النشاط المشع بكمية محسوسة في مناطق الرؤية الموجودة في فصوص الجزء المؤخرى من المخ (الشكل ٢٩-٥). ومثل ذلك، تزيد الأصوات من التمثيل الحيوى لمناطق الكلام في الفصوص الصدغية، كما يزيد دك جلد الشخص من معدل تناول الديوكسيجلوكوز في المناطق الحسية - الجسمية للمخ.



الشكل ٢٩-٥. تغير نشاط التمثيل الحيوى لمخ شخص يستقبل منبهات بصرية. المناطق الغامقة هي مناطق ذات نشاط أبيض مرتفع. لاحظ كيف أن الأيض في القشرة البصرية (الأسهم) يزداد عند ازدياد المنبهات المستقبلية. تم أخذ الصور في "PET" - Scanner (Positron emission tomography) عند ثلاث مستويات مختلفة في المخ (بصريح من ميشيل ي. فيليس، عن مجلة العلوم Science ١٩٨١، ١٤٤٥، ٢١١-).

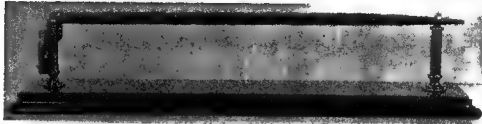
ولو أن القليل من الوظائف الأخرى نسبت الى مناطق خاصة من القشرة (Cortex) فان وظيفة مناطق كبيرة من القشرة مازالت باقية بدون معرفة. وممارسة هذه المناطق الساكنة "Silent" فشلت في الإفصاح عن أي نشاط معين. وهذا حقيقي وخاصة بالنسبة الى الفصوص الجبهية الكبيرة. وربما تكون تلك المناطق الكبيرة مسئولة عن نقل بعض من أنشطتنا العقلية الأرقى "Higher". فالتعلم، الذاكرة، التحليل المنطقي، بعد النظر، الخلق أو الأبداع وبعض الأحاساس، قد تعتمد جميعها على الأنشطة العصبية للفصوص الجبهية ومناطق سكون أخرى. ولابد من أن يكون هذا الاعتقاد عموميا، ولو أنه، لم ينجح أحد حتى الآن في نسب أي من تلك الأنشطة العقلية لأي بقعة معينة في القشرة. وربما يمكن لهذا العدد الهائل من الخلايا العصبية المشتركة في تلك الأنشطة من أن تمكن هذه المناطق الساكنة من القيام بوظيفة بعض مناطق أخرى يكون قد أصابها التلف.

وقد ينتج تلف الفصوص الجبهية تغيرات في سلوك الإنسان. وقد أمكن الحصول على الدليل الذي يثبت ذلك في عام ١٨٤٨م عندما فجر بالصدفة فينياس جيج (Phineas P. Gage) رئيس مجموعة العمال الذين كانوا يحفرون الصخور لسكة حديد روتلاند وبيزلنجتون (Rutland and Burlington) في ولاية فيرمونت (Vermont) بالولايات المتحدة الأمريكية، بعضا من بودة التفجير باللعب عليها بقضيب معدني. وتسبب الانفجار في غرس القضيب داخل الجزء الأمامي لرأسه مما تسبب عنه تلف فصوص الجبهية. وبأعجوبة، عاش بعد الحادث. وعلاوة على ذلك، لم يفقد أي شيء من وظائفه المعروفة والواضحة، فلم يضار أي من بصره، سمعه، أحاسيسه الأخرى، قدرته على الكلام، توافق جسمه. وبالرغم من ذلك، لوحظ بعد ذلك بقليل تغير ملحوظ في شخصيته. فسابقا كان فينياس جيج شخصا عاقلا، زينا، حساسا، ثم أصبح عديم التفكير، غير مسئول، متقلبا وعنيدا، ومتشككا للحرمت، وباختصار، فان بعض الصفات الإنسانية الخاصة التي يصعب قياسها، قد تغيرت كلية بسبب هذا الحادث.

وفي عام ١٩٣٥م، بعد موت فينياس جيج بأربعة وسبعين (٧٤) عاما (توجد مجمعة الآن في متحف كلية طب جامعة هارفارد - ويجوارها القضيب المعدني الشكل ٢٩-٦)، تعلمنا أن تلف الفصوص الجبهية تخفف وطأة أشكال المرض العقلي. وربما



الشكل ٢٩-٦. أعلى: جمجمة
فينياس جيج لأظهار مكان دخول
القضيب المعدني (يسار) وخروجه
(يمين) في حادثة وقعت قبل وفاة
بعدة ١٢ سنة لأسباب طبيعية في
عام ١٨٦١م. أسفل: القضيب
الحديدي (يتصرع من متحف
وارن للتشريح، مدرسة الطب
بجامعة مارفارد).



كان سبب تلك الارتباكات العقلية زيادة القلق، الشعور بالذنب وغيرها، بذلك
ساعدتها تلف الفصوص الجبهية. وفي العملية، المسماه (Prefrontal lobotomy) لم
تتلف الفصوص في الحقيقة ولكنها بدلا من ذلك أصيبت بشدة الألياف العصبية التي
توصل الفصوص الجبهية بالثalamas.

واليوم، تجري تلك العملية ولكن ليست بكثرة، وذلك لسبب واحد، هو أن كثيرا
من الصفات الإنسانية تفقد بدون معنى نتيجة لتلك العملية. وعلاوة على ذلك، فإن
اختراع العقاقير المهدئة مكنت الأطباء من الحصول على نفس التحسن بطريقة أقل
خطورة.

ولا تكتمل مناقشتنا للمخ الأمامي بدون ذكر الثalamas والهيپوثالاماس (الشكل
٢٩-٣). والثalamas هي حارس البوابة لقشرة المخ. فجميع الرسائل الحسية التي
تصل الى المخ لا بد من مرورها خلال الثalamas كي يتم الأحساس بها بأدراك.

ولقد ناقشنا بالفعل بعضا من الوظائف الهامة التي تقوم بها الهيپوثالاماس إذ أنه علاوة
على مراقبة وتنظيم الحرارة والمحتويات المائية للدم، فالهيپوثالاماس هي مركز التوافق
للعديد من أنشطة أعضائنا الداخلية. وفي حيوانات أخرى، وربما في الإنسان، فإن

المهيونثالاماس هي مركز احساسات مثل العطش، الجوع، الشراهة، النزعة الجنسية والمهيجان. وليس للمهيونثالاماس نشاط عصبي فقط، ولكنها أيضا، كما سنري تنتج هورمونات. اثنان من تلك الهورمونات هما (أوكستوسين، ADH) يخزنان في الفص الخلفي للغدة النخامية قبل افرازهما في مجرى الدم، وانزيمات أخرى (الهورمونات المفرزة - "Releasing" hormones انظر قسم ٢٧-١٠) تمر الى الفص الأمامي للغدة النخامية في عروق تصب فيها المهيونثالاماس، وهناك تنبه تلك الهورمونات افراز الفص الأمامي لهورموناته نفسها (مثل، LH, TSH).

٢٩-٦. تحليل المعلومات البصرية

THE PROCESSING OF VISUAL INFORMATION

في جميع الوجوه، يبقى مخ الإنسان صندوق أسود (Black box) ونحن نعرف بعضا مما يجري بداخله وما يخرج منه، ولكننا نعرف القليل جدا مما يحدث بالفعل بداخله. ونحن نعرف أن المخ يتكون من خلايا عصبية كثيرة متصلة ببعضها البعض، نعرف أيضا أن الخلايا العصبية يمكنها أن تشتعل (Fire) أم لا. ولا تساعد هذه الصفات ولكنها تذكرنا بنظام الحاسب الالى (الكمبيوتر): عشرات الالاف من الدوائر المتصلة والتي، في أي لحظة، اما تفتح أو تقفل ولكن ماذا يفعل المخ بالضبط فيما يصلة من النبضات الحسية؟ وكيف يقوم المخ بتحليل المعلومات؟

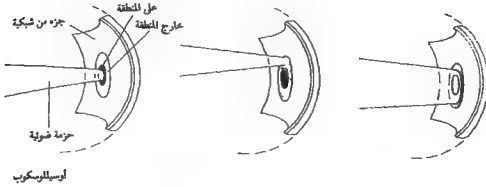
ويبقى السؤال الى حد كبير بدون أجابة، ولكن على الأقل تم القيام بالبداية الصلبة في تحديد كيفية قيام المخ بتحليل المعلومات التي تصل اليه من الأعين. وفي الحقيقة، يبدأ التحليل داخل العين. [لايصح أن يكون هذا داعيا للدهشة بقدر ما تكون الشبكية في الحقيقة ماهي الا امتدادا من المخ].

والخطة الأساسية هي استخدام الكترود دقيق مثل هذا الذي وصف في الباب السابق للبحث عن النبضات في الخلايا العصبية ذات الأهمية. وأظهر العمل مع حيوانات مختلفة أن أي مستقبل رؤية واحد يشتعل (أي يعمل فورا) اذا ما سقط ضوء ذو كثافة كافية على هذا المستقبل. وتتقابل نهايات (Synapse) القضببان (Rods) والمخاريط (Cones) في الشبكية عن طريق خلايا ذات قطبين (Bipolar Cells) والتي بدورها، تتقابل نهاياتها (Synapses) مع نهايات خلايا عقد عصبية (Ganglion Cells)

(الشكل ٢٨ - ١٨) . انها هي الأعصاب الطويلة (Axons) لخلايا العقد العصبية التي تكون العصب البصري . وكما تعلمنا في الباب الأخير لا تتمتع كل خلية استقبال بمؤثرات دائرتها الخاصة الذاهبة إلى المخ . ويوجد نحو (١٠) قضيب وغرور في عين الإنسان ، لكن فقط نحو (١٠) ليفة عصبية طويلة (اكسونات) لخلايا العقدة العصبية يتكون منها العصب البصري . لذلك فان خلية أية عقدة واحدة لا بد لها من استقبال ما يصل اليها من عدد من الخلايا المستقبلية . ويوضح اختبار الشبكية أن خلية واحدة ذات قطبين تستقبل ما يصل اليها من عديد من الخلايا المستقبلية ، مثلا ، تستقبل خلية عقدة عصبية واحدة ما يصل اليها من عدة خلايا ذات قطبين .

ويغرس الكترود تسجيل رهيف في خلية عقدة عصبية واحدة ثم تسليط ضوء على الشبكية ، وضع العالم ستيفن كفلر (Stephen W. Kuffler) مايجري في الخطوات الأولى لتحليل الرؤية . وحتى في الظلام ، تمتلك خلية العقدة العصبية معدل اشعال بطيء وثابت . وللضوء المنتشر المسلط على الشبكية تأثير بسيط على هذا المعدل . ويمكن لبقعة دقيقة من الضوء ، على اية حال ، أن تزيد أو تقلل من معدل الاشعال . ويمكن لخلية عقدة عصبية واحدة أن : (١) تزيد من نشاطها عند سقوط الضوء على منطقة صغيرة مستديرة من الشبكية وتقلله عند سقوط الضوء على منطقة من الشبكية متحدة المركز مع المنطقة الأولى (الشكل ٢٩ - ٧) ، أو (٢) تعمل العكس بالضبط . ونحن نعتقد أن الضوء الساطع على مناطق قفل - off يعمل على اشعال الخلايا ذات القطبين والتي تفرز ناقلا (Transmitter) مانعا على خلايا العقد العصبية التي تنبهت بمناطق الفتح - on والضوء المنتشر الذي يضيء كلا مناطق الفتح - "On" والقفل - "Off" ويجعلها تلغي بعضها البعض . وعلى ذلك ، فان العصب البصري لا يخبر المخ بأن الضوء قد تم اكتشافه ولكنه يخبره بالفرق بين الضوء والظلمة (أي الأشكال) واللذين تم اكتشافهما .

وتمر الألياف العصبية الطويلة (الأكسونات) في العصب البصري الى الخلف ملاصقة لمركز قاعدة المخ الأمامي والمسمى بالجسم الجانبي المرفقى - "Lateral geniculate body" (الشكل ٢٩ - ٨) ، حيث تكون اتصالات (Synapses) مع مجموعة جديدة من الخلايا العصبية الرابطة (البينية) وتذهب أعصاب تلك الخلايا لأعلى ولأسفل الى القشرة البصرية . ولقد تابع عالمان من زملاء كفلر (Kuffler) وهما ديفيد هوبل (David H. Hubel) وتورستن ويزل (Torsten N. Wiesel) عملية تحليل المعلومات

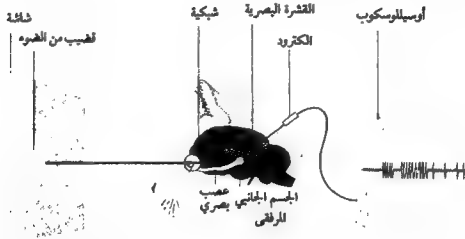


لويسيليسكوب



الشكل ٢٩-٧. استجابة خلية عقدة عصبية لأضواء الشبكية. يسار: الضوء الساقط على منطقة دائرية صغيرة من الشبكية يزيد من نشاط خلية العقدة في الوسط: الضوء موجه حول البيريميتري منطقة فتح (On) يثبط خلية العقدة. يمين الضوء يسقط على كلا المنطقتين ولا يسبب أية تأثيرات. وخلايا عقدية أخرى لها منطقة قفل - "off" محاطة بمنطقة فتح - "On"

البصرية في تلك المناطق. وثانية، غرس العالمان الكترودات دقيقة جدا في المناطق ذات الأهمية، لكن بدلا من توجيه الضوء بداخل العين، عرض العالمان صورا على شاشة موضوعة أمام الحيوان (قطعة أو قرد) بعد تخدير الحيوان ومنع العيون من الحركة. وباستخدام هذه الطريقة، وجد هوبل، ويزل أن خلايا الجسم الجانبي المرفقى تستجيب بنفس الطريقة التي تستجيب بها خلايا العقد العصبية، بل وحتى أكثر. وكانت الفصية مختلفة في القشرة البصرية، فالحلايا الأولى في تلك القشرة البصرية، والمسماة بالخلايا البسيطة (Simple Cells) لم تعد تستجيب لدوائر من الضوء ولكنها تستجيب فقط لقضبان (Bars) من الضوء (أو الظلام) أو تستجيب لطواف خط (Line) مستقيم موجود بين مناطق الضوء ومناطق الظلام (الشكل ٢٩-٨) وفقط عند توجيه المنبه على منطقة واحدة من الشاشة، وفقط عند زاوية محددة، تستجيب خلية واحدة بسيطة من خلايا القشرة. [وبالطبع، فإن المواقع الغير مؤثرة لخلية واحدة من خلايا القشرة تتسبب في تنبيه خلايا أخرى من خلايا القشرة].

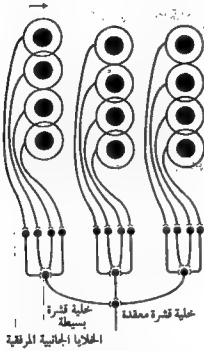


الشكل ٢٩-٨. عملية تجريبية للتصحيح باستجابة الخلايا العصبية في القشرة البصرية للمنبهات البصرية المختلفة. وبطريقة مماثلة، يمكن دراسة نشاط خلايا العقد العصبية (في العصب البصري) ونشاط الخلايا العصبية في الجسم الجانبي المرفق وذلك بوضع الكترود في تلك المناطق.

ويمكن شرح تفضيل خلايا القشرة البسيطة للخطوط (Lines) إذا ما افترضنا أنه يمكن تنشيط هذه الخلايا فقط عندما تتلقى ما يدخلها (Inputs) بواسطة عدد من الخلايا الجانبية المرفقية والتي ترتب مناطق (دائرية) استجابتها في خط (الشكل ٢٩-٩).

وبالمحاولة في أماكن أخرى في القشرة البصرية، بين هوبل، ويزل أنه مازالت توجد أنواع أخرى من الخلايا البينية (الرابطة) (معقدة، فوق معقدة) والتي مازالت تقوم بتحليلات أخرى. فهزالت الخلايا المعقدة تريد أن توجه حوافها في اتجاه واحد، ولكن يمكن تحريك تلك الحواف الآن على مساحة كبيرة من الشاشة وهذا يدعوا لفهم إذا ما تقابلت معها مجموعة من خلايا القشرة البسيطة - والتي تستجيب كلها لحافة واحدة من نفس الانحدار، ولكن كل خلية واحدة مسئولة عن جزء مختلف من حقل الرؤية - على خلية معقدة واحدة وبذلك تستمر الخلية المعقدة في الاستجابة الى منبه معين حتى اذا ماتغير وضعها التام على الشبكية (الشكل ٢٩-٩).

وتستجيب الخلايا فوق معقدة على أفضل ما تكون الاستجابة عند وجود الخط المستقيم كمنبه، ولكن أيضا مع منحني معين ومحدد الطول عند أحد أو كلا الطرفين. وتستخدم زوايا الخلايا القائمة غالبا كمنبهات قوية لتلك الخلايا.



الشكل ٢٩-٩. الميكانيكية (الطريقة) التي بها يمكن أن تتحول مناطق الاستجابة الدائرية في العقد وخلايا الجسم الجانبي المرفقى الى مناطق استجابة مربعة مميزة لخلايا القشرة البسيطة وحركة قضيبي الضوء في الأنحاء الموضح تستمر في تنشيط خلية القشرة المعقدة.

ومن الواضح أن قصة كيفية تحليل المخ للمعلومات البصرية غير كاملة ومع هذا، يمكننا الآن أن نحصل على لمحة عن الوظيفة الضرورية والتي تقوم بها الخلايا البينية في المخ. وعند كل مستوى من التحليل (الخلايا ذات القطبين الى خلايا العقد، الخلايا الجانبية المرفقية الى الخلايا البسيطة بالقشرة، الخ)، فإن كل ما يدخل من عدد من الخلايا البينية تجمع كلها في مخرج واحد. وبذلك، فإن عند كل خطوة يتم انتخاب وتدمير بعض من المعلومات البصرية. وعلى سبيل المثال، تشتعل الخلايا البسيطة بالقشرة فقط اذا ما نشط عدد من الخلايا الجانبية المرفقية التي تتقابل معها في وقت واحد (انظر قسم ٢٨-٥) والا يموت التهيج عند النهايات العصبية (Synapses) وهذه الوسيلة بعمل كل مستوى في المخ كجهاز ترشيح، وعمل ذلك، يزدنا بميكانيكية يمكن بها استبعاد بعض الخواص والتي قد تكون منبها معقدا للغاية. ويدلنا هذا العمل الطليعى على التحليل البصري أن مخ الثدييات يستجيب ليس فقط لنبضات معينة مولدة في دوائر معينة، لكنه أيضا يستجيب الى التنظيم الزمنى والفراغى (Spatial) للعديد من النبضات المارة عبر دوائر متجهة عديدة.

وتم الاعتراف بأهمية تلك الدراسات على التحليل البصري بمنح العالمين هوبل، ويزل جائزة نوبل في عام ١٩٨١ (والتي تأخرت كثيرا عن العالم كوفلر الذي توفي عام ١٩٨٠).

THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبي السطحي

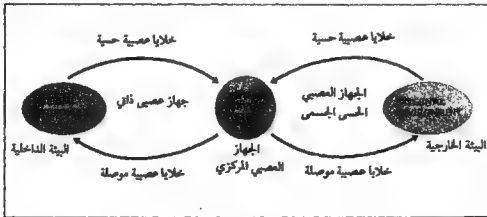
يتكون الجهاز الحسى - الجسمى من ١٢ زوج من الأعصاب الجمجمية والتي ليست جميعها أعصاب مختلطة، ٣١ زوج من الأعصاب الشوكية وكلها أعصاب مختلطة وتنقل هذه الأعصاب النبضات من مستقبلاتنا (وخاصة من المنبهات الخارجية) الى الجهاز العصبي المركزي، وتنقل كذلك النبضات من الجهاز العصبي المركزي الى جميع العضلات الهيكلية في الجسم.

وجميع مانحس به من البيئة الخارجية وكذلك جميع أنشطة التوصيل في أجسامنا التي تتواكب معها تعمل خلال الجزء الحسى - الجسمى من الجهاز العصبي السطحي (الشكل ٢٩-١٠). وفي الباب التالي سنختبر الميكانيكية (الطريقة) التي تنفذ بها الأوامر الموصلة للجهاز الحسى - الجسمى بالعضلات.

THE AUTOMATIC NERVOUS SYSTEM

٢٩-٨. الجهاز العصبي الذاتى

تنشأ الخلايا العصبية قبل العقدية (Preganglionic) الموصلة في الجهاز العصبي اليمبثاوى في الحبل الشوكي، وتخرج منه عن طريق جدارة السفلي (البطني) وتذهب الى داخل العقدة اليمبثاوية (الشكل ٢٩-١١). وترتب هذه العقد في سلسلتين تجريان موازييتين وعلى كل من جانبي الحبل الشوكي (الشكل ٢٩-١٢). وقد تقوم الخلايا العصبية قبل العقدية بأحد الأشياء الثلاثة التالية في العقدة اليمبثاوية، فقد (١)



الشكل ٢٩-١٠. العلاقة بين الأقسام الثلاثة الرئيسية للجهاز العصبي.



تتقابل عند نهاياتها (Synapse) مع نهايات الخلايا العصبية الخلف عقدية والتي تدخل بعد ذلك ثانية العصب الشوكي وبالتالي تمر للخارج لتذهب الى الغدد العرقية (Sweetglands) وجدر الأوعية الدموية قرب سطح الجسم، (٢) تمر أعلى وأسفل السلسلة السيمثاوية وأخيراً تتصل في نهاياتها مع نهايات الخلايا العصبية خلف العقدية في عقدة فوق أو أسفل عقدها، أو (٣) تترك العقدة عن طريق حبل يؤدي الى عقدة خاصة (وهي مركب من الأعصاب Plexus) في الأحشاء (الشكل ٢٩-١٢) وهنا قد تتقابل نهاياتها مع نهايات الخلايا العصبية الخلف عقدية الذاهبة الى الجدر العضلية للأحشاء. وعلى أية حال، فإن بعضاً من تلك الخلايا العصبية السيمثاوية الخلف عقدية تمر مباشرة خلال تلك العقدة الثانية إلى نخاع الغدة فوق الكلوية وهنا تتقابل نهاياتها مع نهايات الخلايا الخلف عقدية المحورة جداً والتي تكون الجزء المفرز لنخاع الغدة فوق الكلوية.

والمادة الناقلة في الخلايا العصبية السيمثاوية قبل العقدية هي (ACH) والتي تعمل على نقل النبضات الى الخلايا العصبية الخلف عقدية. ويفرز كذلك منه كيميائي من نهايات الخلايا العصبية الخلف عقدية، وفي معظم الحالات يكون هذا المنبه هو النورأدرينالين، ولو أنه في بعض الحيوانات الأخرى (مثل الضفدعة) تفرز الألياف

العصية السيمثاوية الأدرينالين بدلا من النورأدرينالين. في بعض الحالات ويكون فعل النورأدرينالين (أو الأدرينالين) على أية غدة خاصة أو عضل هو اثارها وفي أحوال أخرى يعمل كمانع يبنه افرازه من تلك النهايات ضربات القلب ويرفع ضغط الدم ويوسع حدقة العين ويمدد القصبات والشعب الهوائية وبنه تحويل جليكوجين الكبد الى جلوكوز. كما يحول التنبيه السيمثاوي الدم بعيدا عن الجلد والأحشاء الى العضلات الهيكلية والمخ والقلب، يمنع التقلصات الذاتية (Peristalsis) في القناة الهضمية ويمنع أيضا تقلص المشانة والمستقيم. وباختصار، يضاعف تنبيه الفرع السيمثاوي للجهاز العصبي الذاتي أغلب، أن لم يكن كل، الأفعال التي يقوم بها الأدرينالين والنورأدرينالين المفرزان في الدم بواسطة نخاع الغدة الفوق كلوية. ولا يجب أن نستغرب لذلك اذا ما تذكرنا أن نخاع الغدة الفوق كلوية هو في الحقيقة جزء من الجهاز العصبي السيمثاوي، فخلاياه المفرزة محورة الى خلايا خلف عقدية.

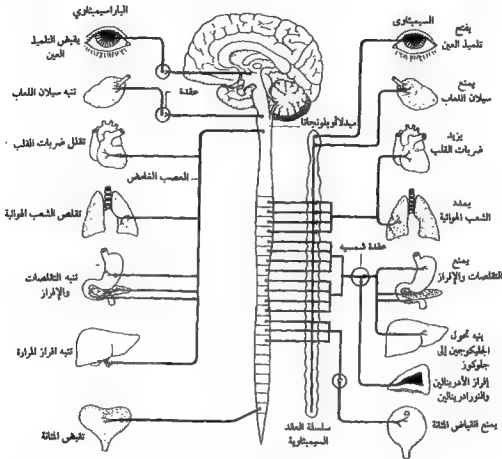
والأفعال التي تحدث بسبب تنبيه الجهاز العصبي السيمثاوي هي أفعال عامة، ويوجد سببان لذلك. الأول هو أن خلية عصبية واحدة أمام عقدية تتقابل نهاياتها مع نهايات العديد من الخلايا العصبية الخلف عقدية، فالذي يبدأ كنض واحد يصير مكبرا. والثاني، أن افراز الأدينالين والنورأدرينالين في مجري الدم يؤكد أن كل خلية في الجسم تكون معرضة عند الضرورة لتلك المواد، حتى ولو لم تصلها مباشرة خلية عصبية عقدية.

٢٩-١٠. الجهاز العصبي الباراسيمثاوي:

THE PARASYMPATHETIC NERVOUS SYSTEM

ان اهم اعصاب الجهاز العصبي الباراسيمثاوي هي الأعصاب العشرة الجمجمة (Cranial) والمسهة بأعصاب فاجاس (Vagus) والتي تنشأ في النخاع المستطيل وتند خلايا عصبية أخرى باراسيمثاوية أمام عقدية من المخ وكذلك من الطرف السفلي للجبل الشوكي (الشكل ٢٩-١٢).

وتتصل نهايات (Synapse) كل خلية عصبية باراسيمثاوية أمام عقدية مع عدد قليل من الخلايا العصبية الخلف عقدية والموجودة قرب أو في عضوها المؤثر (عضل أو غدة) وتفرز الانتفاخات العصبية الطرفية (Synaptic Knobs) للخلايا العصبية الأمام عقدية



الشكل ٢٩-١٢. الجهاز العصبي الذاتي. تجهز الأعصاب السيمبثاوية الجسم للطوارئ. وتنعكس الأعصاب الباراسيمبثاوية تأثيرات التنبيه السيمبثاوي. وتشاهد الخلايا العصبية أمام العقدية باللون الأسود، الخلايا العصبية الخلف سيمبثاوية ملونة.

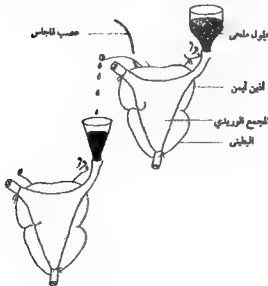
وكذلك نهايات الخلايا العصبية الخلف عقدية الأميتايل كولين. ويسبب تنبيه الأعصاب الباراسيمبثاوية إبطاء ضربات القلب وتخفيض ضغط الدم وانقباض انسان العين وزيادة سريان الدم الى الجلد والأحشاء، ويزيد التقلصات الذاتية للقناة الهضمية. وباختصار فإن الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي يعمل على إعادة وظائف جسمنا الى الحالة الطبيعية بعد أن كانت قد تغيرت نتيجة التنبيه السيمبثاوي. وفي أوقات الخطر، يعدنا الجهاز العصبي السيمبثاوي للأنشطة الجسدية العنيفة مثل القتال أو الحرب وتكون تلك التغيرات ضارة إذا ما طال وقتها بدون داع، يقوم الجهاز العصبي الباراسيمبثاوي بعكس تأثيرها عند زوال الخطر. وعلى ذلك فلا بد من أن نضم نشاط المقاومة العنيفة لهذين الفرعين من الجهاز العصبي الذاتي الى أهم العمليات في الجسم

التي تحافظ على توازن وظائف سوائل الجسم (الهوميوستازس).

ولقد تم اكتشاف إفراز مواد كيميائية معينة عند تنبيه فرع من الجهاز العصبي الذاتي بواسطة العالم الفسيولوجي الحاصل على جائزة نوبل أوتو لوى (Otto Loewi) في عام ١٩٢٠م. اذ قام هذا العالم بإبعاد قلب ضفدعة بحذر مع جميع ملحقاته من الأعصاب السيمبثاوية والباراسيمبثاوية المتصلة به. وكما كان متوقعا، تسبب التنبيه الكهربائي للأعصاب السيمبثاوية في اسراع ضربات القلب بينما ادى تنبيه الأعصاب الباراسيمبثاوية الى ابطاء ضربات القلب.

ووجد لوى كذلك أن هاتين الإستجابتين تحدثان في قلب ضفدعة ثانية اذا ما وضعها ببساطة في حمام به محلول رنجر (Ringer) مأخوذ من القلب الذي تم تنبيهه (الشكل ٢٩-١٣).

وبينما يعتبر الجهاز العصبي الذاتي جهاز غير ارادى (كما يقترح اسمه) فهذا ليس حقيقيا كلية، اذ أن كمية معينة من التحكم الواعى يمكن أن تظهر عليه كما تم توضيحه منذ وقت طويل بواسطة الممارسين للأديان الشرقية مثل اليوجا (Yoga) والبوذيين. فأتناء ممارسة معتقداتهم، يمكن لهؤلاء الأفراد بوضوح أن يغيروا من وظائف أجسامهم الذاتية ومنها معدل ضربات القلب ومعدل استهلاك الأوكسجين وربما تكون هذه التغيرات ببساطة انعكاسات لميوط الأنشطة الجسدية، لأنها تزيد عن مقدار



الشكل ٢٩-١٣. تجربة لوى، والسبي يثبت أن الأعصاب تبدى تأثيرها خلال إفراز مواد كيميائية والتنبيه الكهربائي لمصّب فنجس المؤدى الى القلب. الأول لا يبطئ فقط ضرباته ولكن، بعد وقت قصير يبطئ ضربات القلب الثاني أيضا

التغير الذي يحدث أثناء النوم أو التنويم (الشكل ٢٩-١٤). وأظهر العالم نيل ميلر (Neal Miller) ومساعدوه بالولايات المتحدة الأمريكية أنه يمكن تدريب الكلاب وفئران المعمل على تغيير، بالزيادة أو بالنقصان (كما يرغب من يقوم بإجراء التجربة)، مثل تلك الوظائف الذاتية التي نتقلها مثل ضغط الدم، معدل ضربات القلب والتموجات الذاتية وتوزيع الدم الى التجمعات المختلفة للشعيرات الدموية. ونتيجة لتلك الاكتشافات، تجرى الآن محاولات لتدريب الإنسان ذو ضغط الدم المرتفع أو ذو زيادة في معدل ضربات القلب، على تخفيض ذلك الى المستويات العادية. وبينما أمكن الحصول على تعلم مثل هذا التغير لفترة، إلا أن امكانية الأبقاء على هذا التعلم لفترات مفيدة بعد الانتهاء من برنامج التدريب لازالت في حاجة الى التجربة.

٢٩-١١. العقاقير والجهاز العصبي

DRUGS AND THE NERVOUS SYSTEM

يعتمد نشاط الجهاز العصبي على الإيقاع الأوركستراي الجيد للأنشطة الكيميائية الحيوية. وبعض من هذه، مثلا، هي إطلاق الطاقة عن طريق التنفس الخلوي وعمل المواد الناقلة، تعتبر فريدة للجهاز العصبي. وفي كلتا الحالتين، توجد فرص كثيرة لتغيير نشاط الجهاز العصبي باستخدام الكيمياء التي تحاكي أو تمنع، أو في بعض الطرق الأخرى تغير، واحد أو أكثر من أنشطة الكيمياء الحيوية. ونظرا الى الأنشطة المتعددة للجهاز العصبي، لا يجب أن يكون مستغربا أن التغيرات في السلوك، الواعي، والادراك والتوافق العصبي والأحاساس هي من بين وظائف المخ والتي يمكن أن تغيرها المواد الكيميائية.

ويوجد دليل كاف على أن البشر استهلكوا عمدا بعض الكيمياء (مثل كحول الايثايل، الكوكايين) منذ أيام مبكرة في تاريخهم لأجل الحصول على ما يشعرون أنها تغيرات مفيدة أو سارة في الأحساس والسلوك. وفي السنوات الأخيرة، فان نجاح علماء الكيمياء العضوية في تخليق أنواع كثيرة من المواد الكيميائية التي لها تأثير سيكولوجي نشط أو العقاقير زاد كثيرا من احتمالات تغيير أنشطة الجهاز العصبي. وأدى كثير من تلك الأبحاث الى التقدم في مساعدة المرضى عقليا. ولكن، متزامنا مع هذا التقدم، نمت رغبة زائدة في استهلاك تلك المواد بين أفراد ليس لهم تاريخ في الأمراض العقلية.



الشكل ٢٩-١٤. تأثير أدله معتقدات اليوجا على استهلاك الأوكسجين. يمكن للأشخاص المدربين جيدا أن يغيروا بطوع إرادتهم عددا من الوظائف الأخرى التي يتم التحكم فيها بواسطة الجهاز العصبي الذاتي.

وبينما يوجد استعمال العقاقير المنشطة سيكولوجيا بين كل الأعمار وكل الشعوب، فإن الزيادة الحديثة في أنواع العقاقير المستخدمة قد أصبحت دراماتيكية بين أفراد الدول النامية في العالم.

ونمو ما يسمى في الغالب بزراعة العقاقير أعطت قوة دافعة لزيادة الأبحاث في طريقة عمل تلك العقاقير. وعلى أية حال، فإن المعرفة التي حصلنا عليها لازالت قليلة. ولقد اتخذت عدة خطوات في هذا المجال، إحداها هي اعطاء العقار الى الإنسان أو الى حيوانات التجارب، ثم محاولة ربط التغيرات الفسيولوجية والسلوكية التي نلاحظها بوظائف المخ المعروفة. والخطوة الثانية هي اعطاء عقاقير مرقمة ونشطة اشعاعيا الى حيوان التجارب وملاحظة عما وأين تتركز تلك العقاقير بداخل المخ. وقد ذهب الكثير من الجهد في تحليل تجهيزات معزولة، أي معمليا، لمعرفة تأثير العقار على الأجهزة الانزيمية وعلى خواص أغشية الخلايا، وغيرها.

واعتبارا للتنوع الغير عادي لتلك العقاقير المنشطة سيكولوجيا أصبح واضحا أن تلك العقاقير تقع تحت ثلاثة مجاميع رئيسية بالنسبة الى آثارها النفسية والسلوكية، والمجاميع الثلاثة هي: المنبهات، المثبطات وعقاقير الهلوسة.

STIMULANTS

١ - العقاقير المنبهة

اكثر العقاقير المنبهة انتشارا هي الكافاين (في القهوة، الشاي ومشروبات الكولا)، النيكوتين (في السجائر)، الأمفيتامينات والكوكايين، ويقوم كل من هذه العقاقير بتنبيه

الجهاز العصبي السيمبثاوي وربما خلال مراكز تحكم في الهيبوثالاماس. وتزداد كل من الأنشطة (مثل إسرار معدل ضربات القلب واتساع حدقة العين وزيادة سكر الدم التي تم وصفها عند مناقشة نخاع الغدة فوق كلوية (انظر قسم ٢٧-١١) وكذلك الجهاز العصبي السيمبثاوي بهذه العقاقير. والتنبية السيمبثاوي الذي يسببه الكافاين معتدل جدا والذي يسببه النيكوتين أقل قليلا أيضا، لكن التنبية بالأمفيتامينات مثل الديكسدريين (Dexedrine) وميثايل أمفيتامين (Methylamphetamine) (السرعة "Speed") قوي نوعا. وبسبب دور نخاع الغدة فوق كلوية وبقية الجهاز العصبي السيمبثاوي في اعداد الجسم للضغط، لا يجب أن ندهش أن كثيرا من الرياضيين تحولوا إلى الأمفيتامينات في محاولة لتحسين أدائهم. وتدل الدراسات القليلة التي أجريت على أن بعض أنواع الأداء الرياضي (مثل الجري) قد تزداد سرعته بعد استعمال الأمفيتامينات - ربما يكون ذلك أساسا بسبب اقلال الشعور بالتعب. والأنشطة التي تحتاج الى تفاعلات معقدة مع زملاء في فريق لانتحسن بل، في الحقيقة، تتدهور بعد استخدام الأمفيتامينات.

وتؤثر الأمفيتامينات كذلك على وظائف أخرى مرتبطة بغدة الهيبوثالاماس مثل زيادة العطش وتقليل الجوع والنوم. وبسبب مقعولها المثبط للمشيمة استخدمت الأمفيتامينات على شكل واسع لمساعدة الأفراد في تقليل أوزانهم. ويبدو أن النجاح القليل الذي نحصل عليه على المدى البعيد يقل كثيرا عن الأضمحلال السيكلولوجي والفسيلولوجي الذي يسببه التنبية المستمر للجهاز العصبي السيمبثاوي.

وينيه الكوكاين كذلك الجهاز العصبي السيمبثاوي والذي استخدم منذ آلاف السنين كقاتل خاصة في جبال الأنديز (Andes) في أمريكا الجنوبية وفي السنوات الأخيرة أصبح واحدا من أشهر العقاقير الفعالة نفسيا (Psychoactive) والغير شرعية (المحرمة) المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية.

٢ - العقاقير المثبطة

DEPRESSANTS

وكما يدل الاسم، تقلل العقاقير المثبطة من نشاط الجهاز العصبي. وتوجد خمسة مجاميع رئيسية من العقاقير المثبطة، تلك المجاميع هي:

- ١ - كحول الأيثيل (الأيثانول).
- ٢ - الباربيتورات (Barbiturates) وهي تضم عقاقير مثل السيكونال، النمبوتال، الأميثال.
- ٣ - الترانكويلايزرز (Tranquilizers) أوسعها إنتشاراً هو المبروباميت (Meprobamate) (الأسماء التجارية له: ميلتاون Miltown ، إكوانيل Equanil) الكلوربرومازين (Chlorpromazine) (ثوارازين) ، الكلورديازيبوكسيد (Chlordiazepoxide) (ليبريام Librium) الديازيبام (Diazepam) (فاليوم Valium).
- ٤ - الأوبياتات (Opitates) وتضم الأفيون (Opium) والمورفين (Morphin) والميرونين (Heroin) والكوديين (Codeine) والميثادون (Methadone).
- ٥ - المخدرات (Anaesthetics) وتضم الإثير (Ether) والكلوروفورم (Chloroform) وعدداً آخر من الهيدروكربونات المتطايرة والتي تستخدم كمذيبات (مثل البنزين، التلوين، رابع كلوريد الكربون).

وكحول الأيثانول هو أكثر العقاقير المثبطة استخداماً بشكل واسع، ليس فقط في الولايات المتحدة ولكن في معظم أنحاء العالم. وبينما تعتبر طريقة تأثيره مبهمة، إلا أن تأثيره يبرهن على أنه مثبط عام لوظيفة الخلية العصبية في المخ. ويبدو أن حساسية المخ للمنع تقل من أعلى الجهاز إلى قاعدة أي، من الفصوص الجبهية للمخ الأمامي إلى النخاع المستطيل في المخ الخلفي. وبذلك تحدث أولى تأثيرات التسمم الكحولي (Intoxication) في الفصوص الجبهية. ونتيجة لإزالة الموانع، فقد تعمل على ظهور الوهم بأن العقار في الواقع هو عقار تنبهي. ويزيادة تركيز الكحول في الدم، يمكن للمرء أن يراقب التغيرات المتزايدة الناجمة عن الأحباط المستمر في النزول لمراكز المخ. ويحدث فقد مهارة وحساسية اللمس عند منع عمل مناطق الحس والتوصيل في القشرة، كما يؤدي إحباط مناطق الرؤية والسمع والكلام في القشرة إلى تشويش الرؤية والتدخل في السمع والصعوبة في الكلام. وعند مستويات أعلى من الكحول، يزول التوافق والتوازن، ربما بسبب تأثير إيقاف عمل المخ. وينتج عن إحباط التكوين الشبكي الأغشاء، فيما بعد، الغيبوبة. وفي حالات نادرة، تحدث الوفاة عند تناول الأفراد كميات

كبيرة من الكحول تكفى لتثبيط عمل النخاع المستطيل للدرجة التي يقف عندها التنفس.

وتحاكي عقاقير الباربيتورينات بعض أفعال الكحول وخاصة في قدرتها على إحباط المعلومات الشبكية (وبذلك تساعد على النوم) في الجرعات الكبيرة، النخاع المستطيل (وبذلك تسبب في فشل التنفس). وكما يتوقع المرء، تعمل الباربيتورينات والكحول بمساعدة بعضها البعض ويتسبب المخلوط في حدوث تثبيط أكبر عما يحدثه كل منها بمفرده. والخليط مسبب شائع لحالات الأنتحار، إما عرضاً أو مدبراً. وقد قدر أن التسمم بخليط الباربيتورينات - الكحول مسئول عن ثلثي حالات الأنتحار بالمملكة المتحدة.

ويوجد العديد من العقاقير المثبطة الأخرى والتي تشترك في معظم خواص الباربيتورينات ولكنها لا تتسبب اليها كيميائياً. والعقار الظاهر في تلك العقاقير هو الميثاكوألون (Methaqualone) وهو عقار مهدئ منتشر الاستعمال (وسمى الاستخدام)، ومثل الباربيتورينات، يعمل الميثاكوألون منشطاً مع الكحول، ويثبط الخليط النخاع المستطيل للدرجة إيقاف التنفس.

وتكون الترانكويليزيرات (Tranquilizers) مجموعة أخرى من المثبطات والتي كثر استخدامها في السنوات الأخيرة. وتعمل تلك العقاقير مثل الباربيتورينات في تقليل القلق والتوتر ولكنها لا تشاركها في تأثيرها على التشجيع على النوم. وأصبح بعض الترانكويليزيرات الأخرى ذات فائدة طبية كبيرة في علاج المرضى النفسيين.

والأفيون خليط من المواد التي يمكن أن يشتق منها العديد من مستحضرات الأفيونية (Opiates) وتثبط تلك المواد النقل العصبي في الممرات الحسية للحبل الشوكي والمخ والتي تظهر الألم، وهذا يفسر قتل تلك المستحضرات الأفيونية للالام. وتؤثر المستحضرات الأفيونية كذلك على المراكز العميقة في قشرة المخيخ والمعتقد أنها موقع الكثير من الأنفعالات، وقد يقسر هذا اعتدال المزاج (Euphoria) الذي تسببه المستحضرات الأفيونية. وتمنع كذلك المستحضرات الأفيونية الخلايا العصبية في النخاع المستطيل، حيث تثبط المراكز المتحكم في الكحة والتنفس وحركة الأمعاء. ويستخدم كلا من المورفين والكوديين بكميات كبيرة كقاتلات للالام كما يستخدم الكوديين كذلك

في أدوية الكحة . وحتى المهروين فانه يعتبر أكثر فعالية كقاتل للالام عن المورفين والكوديين، لكنه مسبب كبير للأدمان للدرجة أن استخدام أصبح غير قانوني في الولايات المتحدة . والميثادون مستحضر أفيوني مصنع والذي تجري اختبارات كثيرة عليه الان كوسيلة لمنع ادمان الهيروين .

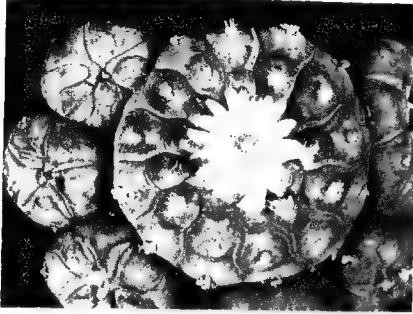
ولو أن مستحضرات الأفيون (وخاصة الهيروين) ربما تكون أكثر العقاقير المسببة للأدمان، الا أنها تتقاسم هذه الخاصية مع كل المثبطات التي وصفت حتى الآن . وتسبب كل من تلك العقاقير تأثيران فسيولوجيان متقاربان . التأثير الأول هو الاحتمال، أي، ضرورة الزيادة الثابتة للجرعة للوصول الى نفس التأثيرات الفسيولوجية والنفسية (السيكولوجية) والتأثير الثاني يعتمد على القدرة الجسدية، إذ أن الإدمان معناه عدم الرغبة في ترك العقار . وهذا الأحساس، فإن كل العقاقير ذات التأثير النفسي تعتبر كلها عقاقير ادمان . والمثبطات، على أية حال، تسبب الاعتماد على الحالة النفسية والجسدية . وبعد فترة من استخدام المثبطات بانتظام، فإن التوقف عن العقار المثبط يرسب أعراضا كاملة من الانسحاب "Withdrawal" وهذه دائما أعراض غير سارة وأحيانا مميته .

ويعتبر عدد من الهيدروكربونات المتطايرة مثبطات فعالة للجهاز العصبي المركزي لدرجة أنها تستخدم كمواد تخدير (Anaesthetics) ليس لها أهمية الا من الناحية الطبية فقط، الا أن العديد منها (مثل البنزين، التولوين) خطير جدا اذا ما استخدمت طبيا، وكلها مذييات رائعة في الصناعة وجدت استخداما واسع النطاق كمكونات سوائل التنظيف والمواد اللاصقة (Glues) ومواد أخرى . وفي عديد من الدول، أصبحت مواد الاستنشاق "Sniffing" الفردية منتشرة بين الشباب، إذ تسبب مفعولا مثل التسمم الكحولي وأحيانا أكثر، وتم تسجيل العديد من الحالات والتي تسبب فيها استنشاق الهيدروكربونات المتطايرة موتا فجائيا، وذلت الدراسات العملية أن سبب الوفاة هو إنسداد أو توقف انتقال النبضات الكهربائية والتي تبدأ انقباض البطينين (انظر قسم ٢٣-١٨) .

٣ - عقاقير الملووسة

HALLUCINOGENS

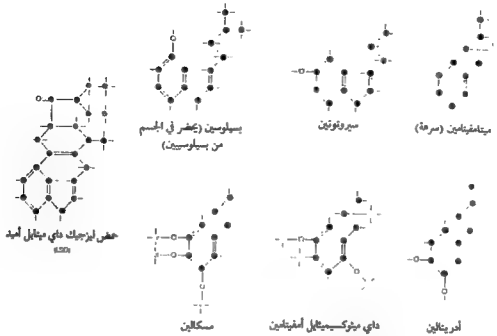
عند استخدامها في جرعات معتدلة، يكون لعقاقير الملووسة تأثيرا فتاكا قويا على



الشكل ٢٩-١٥. نبات الصبار *Ophophora williamsii* في حالة تزهر. ويحتوي رأس الصبار على عديد من مواد المهلوسة والتي أهمها مادة المسكالين. ورؤوس الصبار الجافة (قواعد مescal) استخدمها هنود المسكيك في شعائرهم الدينية منذ عصور ما قبل الرحالة كولبس. ومنذ قرن مضى، انتشر استخدام قواعد الصبار بين قبائل عدة من الهنود في الولايات المتحدة وكندا، والذين في عام ١٩٢٢، اتحدوا مع الكنيسة الوطنية الأمريكية. (بتصريح من الدكتور ريتشارد ابفانز شولتز).

مستقبلات الرؤية والسمع في الفرد، كما توجد أيضا زيادة محسوسة في الاستجابات العاطفية. وبالجرات الأعلى، قد تحدث هلوسة حقيقية - مثل أن يرى الشخص أو يسمع أشياء لاوجود لها بالمرء. وتشارك كل عقاقير المهلوسة مسكالين (Mescaline) (الشكل ٢٩-١٥)، وسيلوسيبين (Psilocybin) حمض ليسيرجيك دايتيلاميد (Lysergic acid diethylamide) بشكل كبير في التشابه في التركيب الكيميائي (الشكل ٢٩-١٦).

وبينما نجد أن طريقة تأثيرها بداخل المخ لاتزال موضع تساؤل لكن من الواضح بكل تأكيد أن تركيبها يقارب كثيرا تركيب السيروتونين (Serotonin) وهي مادة طبيعية ناقله في أجزاء من المخ. وتهمنا أيضا مادة داي ميثوكسي ميثايل أمفيتامين (Di-methoxymethyl STP — amphetamine) إذ أنها تشارك (كما تفعل مادة مسكالين) تركيب وخواص مادتي المهلوسة (LSD والامفيتامينات) (الشكل ٢٩-١٦).



الشكل ٢٩-١٦. المحاكاة الجزيئية قد يعمل حسابها في تأثيرات بعض العقاقير ذات الفعل النفسي (السيكولوجي) وتشابه عقاقير الهلوسة في التركيب عقار السروتونين، والذي من المحتمل أن يكون مادة التركيب عقار السروتونين، والذي من المحتمل أن يكون مادة ناقلة في أجزاء من المخ. وتشابه الأمفيتامينات للأدرينالين يتسبب بدون شك في قدرتها على مضاعفة تأثيرها على نشاط الجهاز العصبي السيبتاوي. (تشاهد ذرات الكربون ملونة، ذرات النيتروجين باللون الأسود، ذرات الأيدروجين بشرط قصيرة).

والمكان الذي يمكن أن تشغله الماريغوانا في قائمتنا الطويلة للعقاقير الفعالة نفسياً (سيكولوجياً) غير مؤكد. ومنذ عزل أهم مكون فعال به، التتراهيدروكانابينول (Tet- rahydrocannabinol-THC) أجريت أبحاث قليلة على تأثير الماريغوانا. وتركيزات (THC) في مناطق معينة من المخ لها تأثيرات مثبطة معتدلة مثل الكحول، ولكن تركيزات (THC) العالية لها تأثيرات الاستقبال المشوة المعروف في عقاقير الهلوسة. وليس كمثال العقاقير المثبطة فالاحتمال والأمان الجسماني لمادة THC لا يوجدان. وفي الحقيقة، يفرز هذا العقار ببطء من الجسم، أي بتكرار استخدام، تحدث استجابة معينة باستخدام جرعة منخفضة.

والمجموعة المفروضة أن يتبعها عقار فينيسيكليدين (Pcp-Phencyclidine) غير مؤكدة. وتسبب بوفرة PCP (المسماة تراب الملائكة — "Angel dust" ومهديء الملائكة

"Horse tranquilizer" وغير ذلك) الهلوسة (مثل LSD) ولكنها أيضا تزيل الألم (مثل مستحضرات الأفيون) وتعمل كمخبة (مثل الأمفيتامينات). وفي السنوات الأخيرة، أخذ (PCP) المرتبة الثانية فقط للماريجوانا في استهلاك الأفراد الذين يستعملونها كعقاقير غير شرعية. ويباع (PCP) في الغالب بطريقة مخفية أو مخلوطا مع عقاقير أخرى مثل (THC) و (LSD) والانتشار الواسع للعقار (PCP) يخيف على الخصوص بسبب شدة في التشوش العقلي الذي يحدثه والسلوك العنيف الذي يتسبب في بدئه.

وحتى الآن، لقد حصلنا على لمحة صغيرة من تصرف المخ والطرق (الميكانيكية) التي تظهر بها العقاقير الفعالة نفسيا تأثيراتها. وكما تكون المعلومات الكثيرة مرغوب فيها، لا يجب أن نتظرها قبل البحث عن الوسائل التي يمكن بها أن نقتل من فقد الهائل البشري الذي يسببه الاستخدام السيء للعقاقير الفعالة (Psychoactive).

٢٩-١٢ . الببتيدات المشابهة للمسحضرات الأفيونية في المخ :

OPTIATES - LIKE PEPTIDES IN THE BRAIN

التأثيرات الدقيقة التي يحدثها المورفين والأفيونات الأخرى، مثل تخفيف الألم، تدعو للفهم اذا ما تحققنا أن تلك العقاقير تؤثر فقط على مجاميع معينة من الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي. ولقد تم توضيح أن الخلايا العصبية التي تتأثر بالأفيونات تمتلك مستقبلات على غشاء الخلية والتي ترتبط بالعقار بنفس الطريقة التي ترتبط بها مستقبلات المورمونات الببتيدية بهورموناتها (انظر قسم ٢٧-١٧). ولكن لماذا توجد خلايا عصبية خاصة في الجهاز العصبي المركزي بها مستقبلات للمورفين؟

فلقد اتضح أن هذه المستقبلات أدارا طبيعياً تقوم بها، فبعض الخلايا العصبية في الجهاز المركزي تصنع وتفرز ببتيدات ترتبط بتلك المستقبلات، إثنان من تلك الببتيدات يسميان انكيفالين (Enkephalins) وجزيئاتها متطابقان فيما عدا الحمض الأميني الطرفي C فيهما، الميثيونين (Methionine) في ميت انكيفالين، الليوسين (Leucine) في ليو انكيفالين (الشكل ٢٩-١٧). وينتج توجيه حلقة البنزين في بقايا التيروسين شكلا ثلاثي الأضلاع مثل شكل المورفين والأفيونات الأخرى. وتنتج الانكيفالينات التي تحقق في السائل المخيخي الشوكي نفس التأثيرات (مثل تخفيف

$$\begin{array}{c}
 \text{NH}_3^+ \quad \text{H} \\
 | \quad | \\
 \text{C} - \text{Gly} \\
 | \quad | \\
 \text{CH}_2 \quad \text{Gly} \\
 | \quad | \\
 \text{HO-C}_6\text{H}_4 \quad \text{Phe} \\
 \text{Tyr}
 \end{array}$$

 OR

$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \\
 | \\
 \text{N} \\
 | \\
 \text{C} \\
 | \\
 \text{HO-C}_6\text{H}_3\text{(OH)-O-C}_6\text{H}_3\text{(OH)-OH} \\
 \text{مولدین}
 \end{array}$$

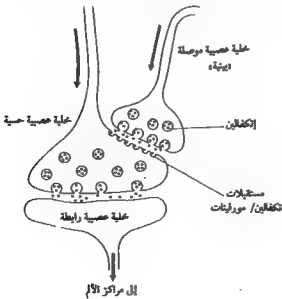
 (Met)-COO = میت الکلانین
 (Leu) = لیو الکلانین

والدور الطبيعي للأكسوفالينات أكثر فهما، إذ تفرز تلك الجزيئات بواسطة انتفاخات نهايات الأعصاب (Synaptic Knobs) في الأعصاب البينية (الرابطة) والتي

تتقابل نهاياتها مع نهايات بعض الخلايا العصبية في الحبل الشوكي والمخ، واللذين بدورهما ينقلان اشارات الألم الى قشرة المخيخ . ويختلف اتصال (Synapse) الانكيفالين عن الاتصالات الأخرى التي اختبرناها، فبدلاً من اتصاله مع عصب صغير (Dendrite) أو جسم خلية، يحدث الاتصال ملاصقاً لنهاية الخلية العصبية المؤثرة بحدوث الألم (الشكل ٢٩-١٨) ويثبط تنشيط اتصال الانكيفالين قدرة تلك الخلية العصبية كي تبدأ نبضاً في الخلية العصبية التالية في ممر الألم، والنتيجة هي التقليل من قوة اشارات الألم التي تصل الى قشرة المخيخ .

وقدرة الشعور بالألم بطبيعة الحال عملية حيوية للانسان أو الحيوان، لكن يوجد القليل الذي نجنيه من استقبال المزيد من الألم الى الأبد نظراً الى كمية الضرر الذي يحدث للجسم . وبعد نقطة معينة، يجب أن نعقل أنه لا بد من وجود نظام يقلل من حساسية الجسم في مواجهة الألم الكثير العنيد .

ويوضح وجود نظام قاتلات داخلية للألم الكثير من استخدام الأفيونات فبالارتباط بمستقبلات الانكيفالين، يشجع مواد أفيونية مثل المورفين في تأثير قاتلات الألم في خلايا الانكيفالين العصبية . ويمكن تفسير ظاهرة احتلال الأفيونات باستجابة توازن وظائف سوائل الجسم (Homeostatic) والتي تقلل من حساسية الجهاز لتعويض التعرض المستمر لمستويات مرتفعة من المورفين أو المهيروين . وبعد التوقف عن استخدام العقار، يصبح الجهاز عديم الحساسية للتأثيرات المهدئة لخلايا الانكيفالين العصبية وأعراض الانسحاب المؤلمة التي تحدث .



الشكل ٢٩-١٨ . طريقة تصويرية لتنشيط الألم . وتنشيط الانكيفالين لنهايات الأعصاب (Synapses) في الحبل الشوكي تنشط إفراز الناقل العصبي (المادة ١) المستخلصة بواسطة الخلايا العصبية الحسية المشتركة في استقبال الألم . وهذا يمنع نقل اشارات الألم الى المخ . يرتبط المورفين والأفيونات الأخرى بمستقبلات الانكيفالين .

وهذا الجهاز الذي يخفف الآلام الداخلية له دخل أيضا في التأثيرات المخدرة لوخز الجسم بالأبر على الطريقة الصينية (Acupuncture) ربما يتسبب وضع إبر بطريقة صائبة في بداية حدوث النبضات الحسية التي تنشط خلايا الأنكيفالين العصبية، والتي بدورها تثبط عمرات الألم المؤدية الى المناطق المراد تخديرها .

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

قمنا في هذه الأبواب بالتمييز ما بين التوافق الكيميائي والتوافق العصبي لوظائف الجسم . ولأن نرى أن كل توافق ماهو الا عملية كيميائية حقيقية . والشئ الوحيد المختلف هو الوسائل المستخدمة لتوزيع تلك المواد الكيميائية . فالهورمونات تنتقل خلال الجسم بواسطة مجرى الدم ، والمواد الناقلة يتم وضعها في بقع موضعية محددة بفعل الخلايا العصبية الموصلة .

وينظمة الجيد ، يسمح الجهاز الأخير بنشاط جسمي أكثر سرعة وأكثر تخصصا وأكثر تنوعا عن السابق . ولا زالت توجد فائدة أخرى له . فالأفراز الموضعي للمواد الناقلة بالخلايا العصبية الموصلة يسمح ببناء تركيز أعلى للمادة عما يمكن للجسم ككل أن يتحملة بأمان . ولو اتضح ان تركيز النورادرينالين اللازم لتنبيه الخلايا في النسيج الدهني لفقران وجرذان المعمل يكون ضارا جدا عما يسمح له بالدوران بحرية في مجرى الدم ، فان الإنتاج الموضعي للنورادرينالين بواسطة خلايا عصبية سيمبثاوية مؤدية الى النسيج الدهني يتسبب في تلاشي هذا الخطر .

ولا يمكن للجسم أن يتسجيب الى التغيرات في بيئة بدون العنصر الثالث الضروري للتوافق العصبي ، ألا وهو المؤثرات (Effectors) وهذه هي التراكيب التي تقوم بالعمل . وعموما فان تركيب (مورفولوجية) وفسولوجية هذه المؤثرات ستكون موضوع الدراسة في الباب التالي .

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين و مسائل

- ١ - ماهي أجزاء الجهاز العصبي التي تشترك في الحفاظ على توازن وتوافق حركات الجسم؟
- ٢ - ينبت العقار ميكوليل (Mecholyl) النشاط العصبي الباراسيمبثاري . ماهو تأثيره

- على (أ) انسان العين، (ب) الغدد المعاينة؟
- ٣ - يمنع العقار أتروپين (Atropin) النشاط الباراسيمبثاوي . لماذا يستخدم هذا العقار أطباء العيون الذين يرغبون في الكشف على داخل عين المريض .
- ٤ - ميز ما بين الأعصاب الجمجمية والأعصاب الشوكية .
- ٥ - صف التغيرات التي تحدث بالجسم في أوقات الطواريء . أذكر كيف يساعد كل تغير في اعداد الجسم للتصدى للطواريء .
- ٦ - ميز ما بين العصب والخلية العصبية .

REFERENCES

المراجع

- 1 - NAUTA, W. J. H., and M. FEIRTAG, "The Organization of the Brain," Scientific American. Offprint No. 1439, September, 1979.
- 2 - HUBEL, D. H., "The Visual Cortex of the Brain," Scientific American Offprint No. 168, November, 1963. An Account of the early experiments on visual processing in the cat, done in collaboration with Torsten Wiesel.
- 3 - HUBEL, D. H., and T. N. WIESEL, "Brain Mechanisms of Vision," Scientific American, Offprint No. 1443, September, 1979. Describes recent findings about the mechanisms of visual processing.
- 4 - GESCHWIND, N., "Specializations of the Human Brain," Scientific American. Offprint No. 1444, September, 1979. The functions of various regions of the brain.
- 5 - DICARA, L. V. "Learning in the Automatic Nervous System," Scientific American. Offprint No. 525, January, 1970.
- 6 - WALLACE, R. K., and H. BENSON. "The Physiology of Meditation," Scientific American. Offprint No. 1242, February, 1972. Demonstrates the effects of transcendental meditation on body functions generally thought to be under autonomic control.
- 7 - AXELROD, J., "Neurotransmitters," Scientific American. Offprint No. 1279, June, 1974. With emphasis on nonadrenalin and dopamine.
- - SCHULTES, R. E., "Hallucinogens of Plant Origin," Scientific, Reprint No.

106, January 17, 1969.

- 9 - GIRDANO, D. A , and Dorothy D. Girdano, Drug Education. 3rd ed , Addison-Wesley, Reading, Mass., 1980 A fine review of all aspects of drug use. Each chapter contains many references to the technical studies that have been made.
- 10- BRECHER, E. M , ed , Licit and Illicit Drugs, Little Brown, Boston 1972 The Consumers Union report on narcotics, stimulants, depressants, inhalants hallucinogens, and marijuana-including caffeine, nicotine and alcohol
- 11- IVERSON, L. I., "The Chemistry of the Brain," Scientific American Offprint No 1441, September, 1979 Examines the many transmitters used at synapses within the brain.
- 12- SNYDER, S., "Opiate Receptors and Internal Opiates," Scientific American Offprint No. 1354, March, 1977. A superb account by one of the pioneers in the field.
- 13- BLOOM, F. E., "Neuropeptides," Scientific American. Offprint No. 1502, October 1981. In addition to the enkephalins and endorphin, many peptide hormones e.g., (GnRH, oxytocin, ADH, somatostatin) have roles to play within the brain.

References, 1, 3, 4, and 11 are reprinted (along with seven others) in *The Brain*. Freeman, San Francisco, 1979.

CHAPTER 30

الباب الثلاثون

المعضلات والمؤثرات الأخرى

MUSCLES AND OTHER EFFECTORS

KINDS OF MUSCLES	١-٣٠ : أنواع المعضلات
THE STRUCTURE AND ORGANIZATION OF SKELETAL MUSCLE	٢-٣٠ : تركيب وتنظيم العضل المهيكل
THE ACTIVATION OF SKELETAL MUSCLE	٣-٣٠ : تنشيط العضل المهيكل
THE PHYSIOLOGY OF THE ENTIRE MUSCLE	٤-٣٠ : فسيولوجية كل العضل
THE MUSCLE FIBER	٥-٣٠ : الليفة العضلية
THE CHEMICAL COMPOSITION OF SKELETAL MUSCLE	٦-٣٠ : التركيب الكيميائي للعضل المهيكل
THE SLIDING-FILAMENT HYPOTHESIS	٧-٣٠ : نظرية الخيط المنزلق
COUPLING EXCITATION TO CONTRACTION	٨-٣٠ : ربط الإثارة بالانكماش
THE CHEMISTRY OF MUSCULAR CONTRACTION	٩-٣٠ : كيميائية الانكماش العضلي
CARDIAC MUSCLE	١٠-٣٠ : عضلة القلب
SMOOTH MUSCLE	١١-٣٠ : العضلة الملساء

OTHER EFFECTORS
CILIA AND FLAGELLA
ELECTRIC ORGANS
CHROMATOPHORES
LUMINESCENT ORGANS
CHAPTER SUMMARY
EXERCISES AND PROBLEMS
REFERENCES

مؤثرات أخرى :
١٢-٣٠ : الاهذاب والامواط
١٣-٣٠ : اعضاء احداث الكهرباء
١٤-٣٠ : الكروماتوفورات
١٥-٣٠ : اعضاء التالىق
ملخص الباب
تمارين ومسائل
المراجع

الباب الثلاثون

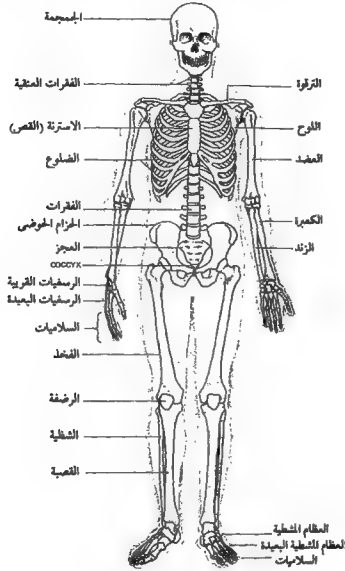
العضلات والمؤثرات الأخرى

عندما نقول أن كل الكائنات الحية تستجيب إلى المنبهات، نعي أنهم يؤدون أشياء عندما تتغير البيئة الداخلية أو الخارجية بطريقة محسوسة. وتسمى التراكيب التي تؤدي بها تلك الكائنات أعمالها بالمؤثرات (Effectors) وأهم تلك المؤثرات هي التي تفرز مواداً (الغدد) والتي تقوم بالحركة، وفي الحيوانات الفقارية تعتبر العضلات أهم تلك المؤثرات والتي تخلق الحركة.

٣٠-١. أنواع العضلات: KINDS OF MUSCLES

يوجد في الحيوانات الفقارية ثلاثة أنواع واضحة من العضلات. النوع الأول هو عضلة القلب (Cardiac muscle) وهي العضلة التي تكون جدار القلب، وتمت لنا دراسة خواص عضلة القلب في الباب الخامس بالدورة الدموية وستتكمّل عنها قليلاً فيما بعد في هذا الباب. وتوجد العضلات اللاإرادية أو الملساء (Smooth Muscles) في جدر جميع الأجهزة الجوفاء في الجسم (فيما عدا القلب) ويقلل انقباضها، والذي لا يكون عامة تحت تحكم إرادي، من حجم تلك الأجهزة المجوفة والأوعية الدموية، الأمعاء، والمثانة، والرحم هي أمثلة قليلة من الأجهزة التي تتركب جدرها لدرجة كبيرة من عضلات ملساء (لاإرادية). ويتسبب عن انقباض العضلة الملساء الفعل العكسي مثل تحريك طعام الإفطار خلال القناة الهضمية، وطرّد البول، وإخراج الأطفال إلى العالم.

والعضلة الهيكلية (Skeletal muscle) كما يدل عليها اسمها، هي العضلة التي



الشكل ٣٠-١. الهيكل العظمي في الإنسان.

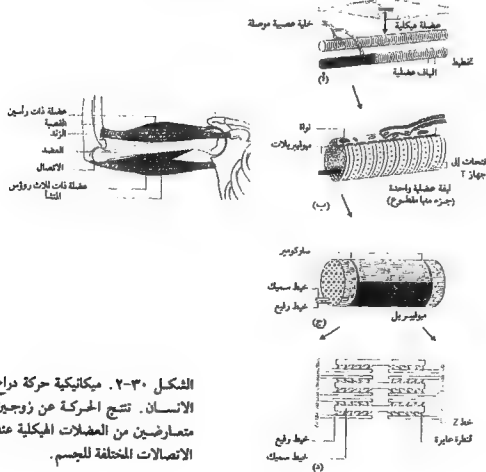
تتصل بالهيكل (الشكل ١/٣٠)، وهي تحت التحكم الإرادي، وانقباضها يجعل من الممكن القيام بالافعال الارادية مثل الجرى والسباحة وممارسة تشغيل الادوات واللعب بالكيان.

ولكن أيا كانت عضلة قلب أو عضلة ملساء أو عضلة هيكلية، فجميع العضلات تشترك في صفة واحدة إذ أنها كلها وسائل تستخدم الطاقة الكيميائية للطعام لاجل الحصول على فعل أو شغل ميكانيكي.

٣٠-٢. تركيب وتنظيم العضل الميكلي

THE STRUCTURE AND ORGANIZATION OF SKELETAL MUSCLE

العضلة الهيكلية الواحدة، كالعضلة ذات الثلاثة رؤوس (Triceps Muscle) تتكون من كرش أو بطن (Belly) عضلي سميك متصل بكل من نهايتيه بعظمة (الشكل ٣٠-٢). وعند أحد الأطراف، المسمى بالاصل (Origin) يتصل العضل مباشرة بمنطقة عريضة من العظمة وهي في هذه الحالة العضد (Humerus) بينما يستدق الطرف الآخر والمسمى الفارس أو المتصل (Insertion) إلى وتر (Tendon) لامع أبيض والذي يتصل بالزند (Ulna) وهي إحدى العظام السفلي للذراع وعند الانقباض يبقى الاصل ثابتا في موضعة بينما يحدث الاتصال أو الادخال (Insertion) الحركة. وفي هذه الحالة يفرد الذراع أو يمتد عند مفصل الكوع. ولذلك يسمى العضل ذو الثلاثة



الشكل ٣٠-٢. ميكانيكية حركة ذراع الانسان. تنتج الحركة من ووجين متصارضين من العضلات الهيكلية عند الاتصالات المختلفة للجسم.

رؤوس بالعضل المنبسط (Extensor) ولأن العضلات تظهر القوة فقط عند الانقباض وليس عند الانبساط أو الانفراج، فتوجد الحاجة إذن إلى عضل ثان وهو العضل المرن (Flexor) لثنى أو انحناء المرفق. والعضل ذوالرأسين هو العضل المنبسط للذراع السفلي ويكون العضل ذو الثلاثة رؤوس والعضل ذو الرأسين زوجا متعارضا من العضلات (Antagonistic Pair) وتوجد ازواج أخرى من العضلات تعمل متعارضة عبر مفاصل أخرى فتمكننا من القيام بجميع حركاتنا الهيكلية تقريبا.

ويظهر القطاع العرضي في بطن (Belly) العضل الألفا من الالياف العضلية (الشكل ٣٠-٣ أ). وترتب الالياف في حزم متوازية، في بعض الحالات تمتد بدون اعاقه من المنشأ (Origin) إلى الاتصال (الادخال) (Insertion) ويتراوح قطر الليفة (Fiber) من ١٠ إلى ١٠٠ ميكرون، ترتبط الالياف ببعضها البعض بنسيج ضام والذي تجرى خلاله أوعية دموية وأعصاب.

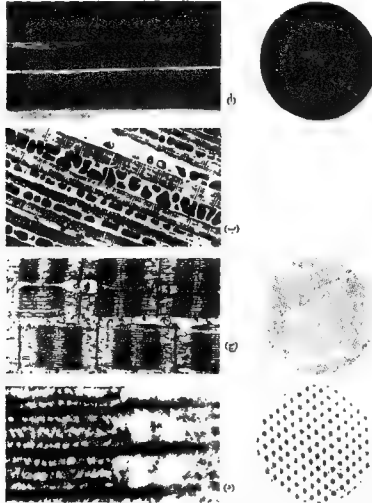
ومن المحتمل ان يكون عدد الالياف في العضل ثابتا، ترجع زيادة قوة وحجم العضل إلى الزيادة في سمك الالياف الفردية والزيادة في كمية الأنسجة الأخرى، مثل الأوعية الدموية والنسيج الضام، في العضل.

وبرؤيتها من الجانب، تظهر الالياف العضلية نظاما من الاشرطة العرضية أو الخطوط (Striations) ويتسبب هذا المظهر في إعطاء اسم آخر للعضل الهيكلية وهو العضل المخطط (Striated).

٣-٣٠: تنشيط العضل الهيكلية

THE ACTIVATION OF SKELETAL MUSCLE

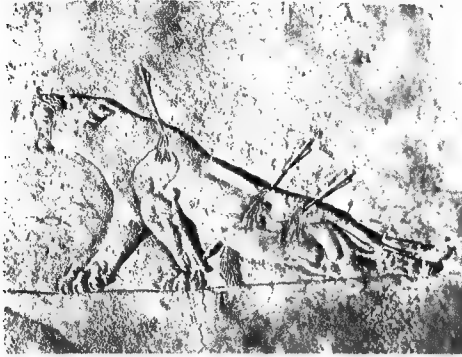
يتحكم الجهاز العصبي في انقباض العضل الهيكلية. فاذا عاق (منع) أي شيء مرور النبضات العصبية الذاهبة إلى أي عضل خلال الخلايا العصبية الموصلة، يحدث شلل لهذا العضل (الشكل ٣٠-٤). ويختلف العضل الهيكلية بعض الشيء في هذه الناحية عن العضلة المساء، وخاصة كذلك عن عضلة القلب، إذ يمكن لعضلة القلب والعضلة المساء أن ينقبضا بدون تنبيه من الجهاز العصبي. فالأعصاب (السيمبثاوية والباراسيمبثاوية - انظر قسمي ٩-٢٩، ١٠-٢٩) تذهب إلى عضلة القلب ولكن



الشكل ٣٠-٣. نظام العضلة الهيكلية عند مستويات مختلفة من التكبير. الصورة الموجودة على اليسار من أعلى مناظر طولية تمثل تقريبا الرسومات المقابلة. والصورة الأخرى تمثل مقاطع عرضية. (كلها صور إلكترونية - بتصريح من دكتور هـ. ي. هكسل).

يقصر تأثيرها على تعديل معدل أو قوة الانقباضات. وعلى العكس من ذلك، يعتمد العضل الهيكلي كلية في انقباضه على التنبيه العصبي.

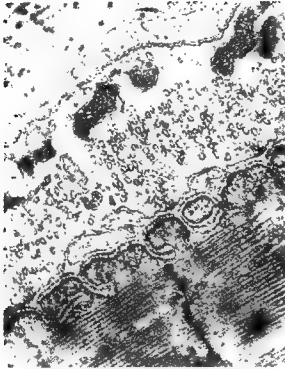
فالنبيضات الذاهبة في الخلايا العصبية الموصلة للجهاز الحسي - الجسمي (انظر قسم ٢٩-٧) تجعل ألياف العضل الهيكلي الذي تنتهي عنده أن تنقبض. ويسمى الاتصال بين نهاية خلية عصبية موصلة وليفة عضلية الاتصال العصبي العضلي Neuromuscular junction (الشكل ٣٠-٥). ويشابه خواص هذا الاتصال خواص الاتصالات العصبية (Synapse) وتحتوي نهايات الألياف العصبية الأكسونات الموصلة



الشكل ٣٠-٤ . البصمة التي تموت ، صورة أشورية تاريخها نحو ٦٥٠ سنة قبل الميلاد جرح الحبل الشوكي سبب شلل الأرجل الخلفية والتي لم تمسحها أية جروح . (بتصريح من أمناء المتحف البريطاني).

على آلاف من المثانات (Vesicles) الدقيقة التي تخزن مادة (ACh) وعندما تصل نبضة عصبية إلى نهاية العصب، تفرز مثات من تلك المثانات ماها من (ACh) على سطح الليفة العصبية، ويتبع ذلك انقباض العضل . وعند إتمام المهمة، يدمر انزيم الأسيتايل كولين إستيريز المادة (ACh) التي أفرزت ويترك الحقل خالياً استعداداً لنبضة ثانية .

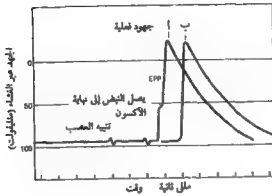
ويمكننا باستخدام الكترودات دقيقة تحليل الأحداث الكهربائية عند الاتصال العصبي العضل كما فعلنا تماماً للنهايات العصبية (انظر قسم ٢٨/٥) ولنشك (Pierce) ليفة عضلية واحدة بالقرب من وصلة عصبية عضلية، وعندما نفعل ذلك، نكتشف أن الليفة العصبية لها جهد راحة مقدارة ٩٥ ملليفولت، مع كون داخل الليفة ذات شحنة سالبة تماماً كما هو الحال في داخل الخلية العصبية (الشكل ٣٠-٦) . والان إذا ما أعطينا للخلية العصبية الموصلة والذاهبة إلى تلك الوصلة العصبية العضلية صدمة كهربائية خفيفة، تسبب هذه الصدمة في بدء نبض عصبي والذي، عند وصوله إلى نهاية الأكسون، يمكن اكتشافه (أي النبض العصبي) بواسطة مسجل (الشكل ٣٠-٦)



الشكل ٣٠-٥. الاتصال العصبي العضلي. يمكن مشاهدة الكثير من المثانات في جزء نهاية العصب (أكسون) الواضح في الصورة. تحتوي تلك المثانات على أستيل كولين (ACh) ويسبب وصول جهد فعل على نهاية الأكسون إفراز ACh في الفجوة المجاورة للغشاء الممتلئ للليفة العضلية التي تسير بميل لأعلى من الجزء الأسفل الأيسر. وارتباط ACh للمستقبلات على هذا الغشاء يسبب بدء جهد فعل في الليفة، يتبعه بالأحداث الأخرى التي تؤدي إلى الانقباض (بصرح من الأستاذ ب. كاتن).

وبعد ٧، ٠ ميلي ثانية (msec) تبدأ الشحنة الموجودة عبر غشاء الليفة العضلية في الانخفاض، ويسمى هذا بنهاية الجهد الطبقي (EPP - End plate potential)، وإذا ما وصل نهاية هذا الجهد الطبقي إلى هذا النحو - أي ٥٠ ملليفولت تقريبا (وعادة ما تفعل ذلك دائما) فإنه يبدأ حدوث جهد فعلي (Action potential) في الليفة العضلية.

وتشابه الأحداث الجزيئية والكهربائية عند الوصلة العصبية العضلية كثيرا تلك الموجودة عند نهايات الأعصاب. ويسبب وصول نبض عند نهاية الأكسون إفراز مادة ناقلة (ACh) وتزيد هذه المادة الناقلة (ACh) من نفاذية غشاء الليفة العضلية لدخول أيونات الصوديوم. وتظهر بداية دخول أيونات الصوديوم كنهاية الجهد الفعل. وعند المدخل (نحو - ٥٠ ملليفولت)، تنساب أيونات الصوديوم باندفاع ويتولد بذلك جهد فعل. وينزل الجهد الفعل لأسفل بطول الليفة العضلية تماما كما يفعل عند نزوله لأسفل بطول الأكسون. لاحظ أنه عند وضع الكترود كهربائي بضعة ملليمترات بعيدا عن الرصلة العصبية العضلية يكشف هذا الألكترود الكهربائي مرور الجهد الفعل ولكن لا يكشف حدوث نهاية الجهد الطبقي. (الشكل ٣٠-٦). ونرجد حقيقة،



الشكل ٣٠-٦. تسجيل من داخل خلية ليفة عضلية تم تنبيهها بواسطة خليتها العصبية الموصلة. ووصول النبض العصبي عند نهاية اكسون الخلية العصبية الموصلة يخلق نهاية جهد طبقي (EPP) في الغشاء الموجود تحت (أ) ولكن ليس أبعد من ذلك (ب). وعندما يصل EPP لبداية الليفة، يتولد جهد فعل يسير خلال الليفة (ب).

عندئذ، اختلاف جوهري واحد فقط بين فسيولوجية النهاية العصبية وبين فسيولوجية الوصلة العصبية العضلية. وتحت الظروف الطبيعية تؤدي نبضة عصبية واحدة تصل إلى الوصلة العصبية العضلية إلى حدوث جهد فعل في الليفة العضلية. وعند النهاية العصبية، على العكس من ذلك، لا بد من حدوث العديد من الجهود المنبهة لتوليد جهد فعل في الخلية العصبية خلف النهاية العصبية (Post-synaptic) (أنظر قسم ٢٨-٥).

ويوجد عدد من المواد الكيميائية التي تؤثر على الجهود الطبقة النهائية. فالبكتيريا اللاهوائية *Clostridium botulinum* هي أحد أنواع البكتيريا التي توجد عرضاً في الأغذية المعلبة، وتفرز سماً قاتلاً يسمى سم البوتولينوس (Botulinus toxin) وتمنع تلك المادة السامة إفراز ACh عند الوصلة العصبية العضلية، بذلك يصبح جهد طبقة النهاية EPP قليل جداً لتصل لبدايتها ولا تنشط الليفة العضلية، ويكون الشلل والموت (من الاختناق) هو النتيجة في أغلب الأحيان.

وتوقف مادة كورير (Curare) وهو سم تستخدمه بعض قبائل أمريكا الجنوبية على رؤوس

سهامهم ، عمل (ACh) على غشاء الليفة العضلية . وهذا أيضا ، يقلل من حجم جهد طبقة النهاية وعند فشلها في الوصول إلى بداية الألياف العضلية تؤدي إلى الشلل .

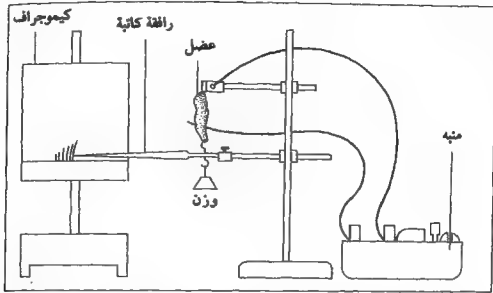
ويمكن بذلك تغيير حجم جهد طبقة النهاية بالعقاقير ، وهو جهد مرتب تماما مثل EPSPs ويعتمد مثلها على كمية الناقل (ACh) المستخدم . ولكن ليس لتلك العقاقير تأثير على جهد الفعل . ولطالما أمكن الوصول إلى البداية سيتولد جهد فعل . وجهد فعل الليفة العضلية ، مثل جهد الخلية العصبية ، هو اما كل - أولا شيء . ولا ينتج جهد طبقة النهاية أكبر من البداية أي جهد فعل أكبر من جهد الفعل الذي يصل إلى بداية الليفة العضلية .

ولا تحدث تغيرات ظاهرة في الليفة العضلية أثناء (وفورا بعد) الفترة التي يسير فيها جهد الفعل على الليفة العضلية . ولذلك تسمى هذه الفترة التي قد تكون من ٣-١٠ ملي ثانية (msec) في المدة تبعا لليفة العضلية التي نقوم بدراستها ، بالفترة الكامنة (L.a. tent period) ويتبعها انقباض الليفة العضلية . وعلى مدى فترة تقدر بنحو ٥٠ ملي ثانية ، تبدي الليفة توترا ، وإذا سمح لها ، فهي تقصر في الطول . والانقباض مثل جهد الفعل ، يكون ككل أولا شيء ، فإذا تنقبض الليفة لأقصى طولها أولا تنقبض بالمره .

ويتبع الانقباض الذي يسببه منه واحد الارتخاء . وعلى مدى فترة تبلغ ٥٠-١٠٠ ملي ثانية ترتخي الليفة ، وإذا كانت قد قصرت فانها تواصل بلوغ طولها الأصل . وعلى أية حال ، يمكن منع إرتخاء الليفة إذا ما أعيد تنبيهها قبل إكمال دورة الانقباض والارتخاء . ويحتاج جهد العضل نحو ١-٢ ملي ثانية فقط للمرور لأسفل الليفة العضلية ، ثم يحدد جهد الراحة بانتشار أيونات البوتاسيوم إلى خارج الليفة ، وتكون الليفة عندئذ جاهزة «للإشتعال» مرة ثانية . ويتم تلك الأحداث الكهربائية حتى قبل أن تبدأ الليفة في الانكماش . ولأن فترة «الانكسار» تكون أقل بكثير عن الوقت المطلوب للانكماش والارتخاء ، يمكن الاحتفاظ بالليفة في حالة الانكماش طالما يحدث تنبيهها باستمرار بدرجة كافية (أي ٥٠ منه في ثانية - أنظر الشكل ٣٠-٧) . ويسمى مثل هذا الانكماش المحتمل باسم تيتانوس (Tetanus) وعندما نستخدم عضلاتنا في العادة ، نذهب الألياف العضلية كل بمفردها في حالة تيتانوس لفترات قصيرة أفضل من قيامها ببساطة بانتفاضات Twitches .

وبالنسبة للعضلات التي لنا عليها تحكم دقيق، يكون حجم الوحدة الموصلة صغيراً. وعلى سبيل المثال، تبدأ خلية عصبية واحدة عمل أقل من عشرة ألياف في العضلات المتحكممة في حركات العين. والوحدة الموصلة للعضلات المتحكممة في الحنجرة صغيرة كصغر ٢ أو ٣ ألياف/خلية عصبية موصلة. ومن جهة أخرى، فانه في العضلات التي ليس لنا تحكم دقيق عليها مثل عضلات سانة الرجل (Calf) قد تضم وحدة موصلة واحدة ألفاً أو ألفين من الألياف العصبية (مبعثرة بدون انتظام خلال بطن العضلة).

ولقد رأينا أن استجابة ليفة عضلية واحدة هي كل - أو لا شيء. وبالرغم من ذلك، فنحن نعرف أن العضل ككل لا يعمل بهذه الطريقة. ويمكن العمل على انقباض أي عضل عند درجة مرغوبة ابتداء من ارتخائه العضل إلى أقصى انقباضة. ويمكن توضيح ذلك في العمل بتنبيه عضلة سانة الرجل (جاستروكنيميوس Gastrocnemius) في صفة مبنية كهربائي وقياس، بواسطة رافعة كاتبة (الشكل ٣٠-٨)، كمية الانقباض في العضلة كلها. ولا يكون للصدمة الضعيفة جداً أي مفعول بالرة. وعند وصول البداية (Threshold) تزداد كمية الانقباض إلى الحد الأقصى. ومنبهات أكبر من ذلك لا تكون مؤثرة (الشكل ٣٠-٨). فكيف نوفق بين هذه الاستجابة المتدرجة للعضل بأجعة بالخواص التي هي (كل - أو لا شيء) للألياف الفردية والتي تؤدي تلك الانقباضات؟ والأجابة هي أن قوة الانقباض للعضلة بأكملها تزداد بازدياد عدد انقباضات الألياف الفردية، وبذلك، في الحيوان السليم، يتم التحكم في قوة الاستجابة العضلية بعدد من الوحدات الموصلة التي تنشط عن طريق الجهاز العصبي المركزي وحتى عند الراحة، تكون أغلب عضلاتنا الهيكلية في حالة انقباض جزئي يسمى توتر (Tonus) وإذا لم تكن العضلات هذه في حالة الانقباض الجزئي، يكون من الصعب علينا الحفاظ على اتخاذ أي وضع لنا. ويزودنا عمل الوحدات الموصلة بقاعدة طبيعية (جسمانية) لحالة الانقباض الجزئي، إذ أن وحدات موصلة قليلة تنشط طوال الوقت حتى عند راحة العضل. فعندما ترتاح مجموعة من الوحدات الموصلة، تبدأ مجموعة أخرى في أخذ مكانها في النشاط، ويحافظ مثل هذا النشاط والحمول اللذان يحدثان في آن واحد على نسبة مئوية صغيرة من المجموع الكلي لعدد الوحدات الموصلة على الانقباض الجزئي لعضلاتنا الهيكلية.



الشكل ٣٠-٨. قياس الانقباضات الايزوتونية لعضلة سمانة الرجل في ضفدعة استجابة لصدمة فردية من فولت متزايد. يرفع انقباض العضل الرافعة الكاتبة والتي تقوم بتعليم الورق الملفوف حول اسطوانة (طبل) الكيموجراف. لاحظ أن العضل يستجيب بشدة أكبر كلما زاد الفولت، وذلك بسبب زيادة عدد الألياف العضلية التي يحدث لها التنشيط.

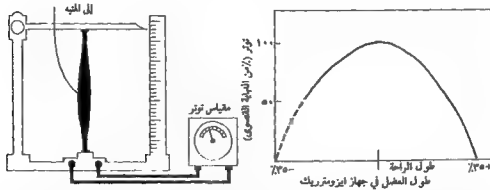
والجهاز الموضح في الشكل (٣٠-٨) يسمح للعضل بأن يقصر عند رفعه للوزن، وبذلك تظهر قوة العضل عند عدم حدوث الانقباض، ويوصف مثل هذا الانقباض باسم القوة المتعادلة (Isotonic) (أي متعادل التوتر). ولكن ماذا يحدث إذا ما أضفنا وزنا كبيرا جدا لرافعة بحيث لا يستطيع العضل أن يرفعها بالمرة؟ فالعضل عندئذ يظهر توترا عند تنبيهه، ولكنه لا يستطيع أن يقصر. يوصف مثل هذا الانقباض بأنه متساوي الأبعاد Isometric أي (نفس الطول) ولنضع عضلا في جهاز لا يسمح بأي قصر للعضل ولكنه يسمح لنا بقياس التوتر الذي يحدث عند تنبيه هذا العضل، وبذلك يكون العضل محمدا بالانقباض المتساوي الأبعاد، ولنضع العضل في الجهاز ونشده لدرجة معينة من الطول، ونعطية سلسلة من الدرجة القصوى من الصدمات التجريبية، ثم نقيس التوتر النشط أي، التوتر الناتج عند تنبيه العضل. (العضلات مرنة، وبذلك عندما نشد العضل عند وضعه في الجهاز، ينتج عن العضل بالفعل توتر راحة) والان دعنا ننقط (نضع نفقا) نوضح تأثير طول العضل على التوتر النشط الذي يمكن أن يحدث، سنجد عندئذ أن العضل ينتج أعلى توتر نشط عند تنبيهه وذلك عن الأسماك به عند طوله

الطبيعي في الحيوان السليم. وعند الأسماك به عند أطوال أقصر أو أكبر من أطواله الطبيعية، فإن التوتر النشط الناتج يكون أقل (الشكل ٣٠-٩) وعند هذه النقطة، يمكنك أن تضيف بأن الطبيعة تعرف الأفضل. (وفي الحقيقة هي تعرف. فإذا ما أعدنا جراحيا توصيل عضل هيكلي في حيوان حتى يمكن تغيير طوله، يهبط العضل نفسه تدريجياً لأظهار الحد الأقصى لانقباضات متساوية الأبعاد عند الطول الجديد (ونحن الآن نقوم باختبار الأساس الجزئي لانقباض العضلة الهيكلية. فإذا ما انتهينا من ذلك، فاني أظن أنك ستنتق معي في أن النتائج التي قمنا بترقيهما (تنقيطها) في الشكل (٣٠-٩) هي التي كنا نتوقعها.

THE MUSCLE FIBER

٣٠-٥. الليفة العضلية:

يوضح قطاع عرضي مكبر للليفة عضلية واحدة أنها - أي الليفة (Fiber) - مكدسة بالليفات (Myofibrils) بنفس الطريقة التي تكس فيها الألياف العضلية في بطن العضل. وجميع الليفات مكدسة طولياً وتسير بطول الليفة. وتحاط الليفات بسيتوبلازم يحتوي على أنوية وميتوكوندريا وشبكة إندوبلازمية غزيرة. ووجود العديد من الأنوية سببه في الحقيقة أنه أثناء النشوء الجنيني، تتكون كل ليفة عضلية نتيجة التحام العديد من الخلايا الفردية، فالليفة العضلية عندئذ ليست خلية واحدة ولكنها تلاحم خلوي Syncytium ولهذا السبب، فإن أجزاء الليفة تعطى أسماء (مثل الساركومر لغشاء الخلية،



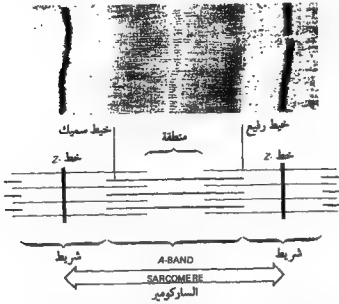
الشكل ٣٠-٩. قياس الانقباضات الأيزومترية. القوة الظاهرة بالعضل تكون عند نهايتها القصوى عند وضع العضل في الجهاز عند طولته الطبيعي (وقت الراحة). والتوترات النشطة تهبط عند أطوال أقصر وعند شد العضل أكثر من طولته الطبيعي.

ساركوبلازم للسيتوبلازم، الشبكة الساركوبلازمية الإندوبلازمية). ولو أن هذا يعيل إلى إظهار التشابة الضروري في تركيب ووظيفة هذه المركبات وتلك الموجودة في الخلايا الحقيقية. وتوجد الأنوية والميتوكوندريا تحت غشاء الخلية مباشرة (الشكل ٣٠-٣ب) وتمتد الشبكة الإندوبلازمية بين اللفيفات.

وينشأ نظام التخطيط (Striations) في الليفة العضلية من التخطيط الموجود في اللفيفات الفردية. وطبيعياً فإن كل هذا التخطيط يدون مع بعضه البعض، ولو أنه في العينات المحضرة للميكروسكوب الإلكتروني، غالباً يشوش هذا التخطيط المدون.

وتسمى الأشرطة الغامقة في اللفيفات بالأشرطة - أ (A) وغالباً ما يفصل هذه الأشرطة الغامقة منطقة فاتحة تسمى بالشريط - هـ (H) (شكل ١٠-١٠)، والأشرطة الفاتحة نفسها تسمى بالأشرطة - ي (I) ويفصل الأشرطة الفاتحة عن بعضها البعض خط غامق يسمى بالخط - ز (Z).

ويزدنا الميكروسكوب الإلكتروني يشرح لتلك الأشرطة. والقطاع العرضي في منطقة الشريط - أ (A) [وليس خلال المنطقة - ز (Z)] يوضح صفها هندسياً من القطر (الشكل ٣٠-٣ب). وهذه الصفوف الهندسية من النقاط ذات حجمين، الحجم الأكبر يبلغ نحو ١٥ ن م في القطر، الأصغر نحو ٥ ن م في القطر. وإذا ما عمل المقطع خلال الشريط - ي (I) يبقى نظام نقط الـ ٥ ن م بينما لا يظهر النظام الأكبر (١٥ ن م) وعلى العكس من ذلك، فالقطاع خلال المنطقة - ز (Z) يظهر فقط تراكيب الـ ١٥ ن م. وتوضيح هذه النتائج يصبح واضحاً في الصور الألكترونية الجيدة للقطاعات الطولية لللفيفات (شكل ٣٠-٣د) إذ يتضح أن الليفة (Myofibril) تتكون من صفوف من الخيوط (filaments) المتوازية. فالخيوط الأكبر تسمى بالخيوط السمكية (Thick filaments) وهي التي تكون الشريط أ (A) وقطرها ١٥ ن م والخيوط الرفيعة (Thin filaments) والتي تظهر ٥ ن م تمتد في كل اتجاه من الخط - ز (Z) وعند وجودها بمفردها فإنها تكون الشريط - ي (I) والمنطقة هـ (H-Zone) هي الجزء من الشريط - أ (A) حيث لا تتدخل الخيوط السمكية والخيوط الرفيعة (الشكل ٣٠-١٠)، ويطلق على صف الخيوط السمكية والرفيعة الموجود بين الخطوط - ز (Z) إسم ساركومير (Sarcomere) وتختلف الساركوميرات في الطول من ١,٥ إلى ٣ ميكرومليمتر (mm) وكما سنرى، إنها قادرة كل



شكل ٣٠-١٠. تشرح
الساكرومير. الخيوط
السميكة مكونة من ميوسين
الخيوط الرفيعة مكونة من
أكتين، تروبوميوسين،
تروبونين (تصريح من
دكتور هـ. ي. هكسلي).

من الساكروميرات في الليفية للتقصير من ٣-٥، ١ ميكرومليمتر التي ينتج عنها القصر
الكل للليفية، وبالتالي، الليفية العضلية التي هي -أي الليفية- جزء منها.

٣٠-٦. التركيب الكيميائي للعضلة الهيكلية :

THE CHEMICAL COMPOSITION OF SKELETAL MUSCLE

إذا ما أخذنا بعض الألياف من عضل هيكلية وغمرناها في جليسيرول أو في محلول
ملحي مخفف، ينزج للخارج بعض البروتينات من الألياف. وتشمل هذه البروتينات،
البروتين المرتبط بالأوكسجين والمسمى ميوجلويين (أنظر قسم ٤-٤) وكثير من الأنزيمات
بما فيها من إنزيمات الجللكزة (Glycolysis) (أنظر قسم ٧-٥) ولكن يوضح الفحص
الميكروسكوبي لليفة عدم حدوث أي تغيير في مظهر الساكروميرات. وفي الحقيقة، فإن
مثل هذا التحضير ينقبض إذا ما زودناه بأيونات المغنيسيوم (ATP) وأيونات الكالسيوم.

وإذا عاملنا التحضير بعد ذلك بتركيز ملحي أعلى، تزال كميات كبيرة من البروتين
المسمى ميوسين (Myosin) والآن لا يمكن للألياف أن تنقبض بعد ذلك، ويوضح
الاختبار الميكروسكوبي اختفاء الأشرطة -أ (A) ويكل وضوح، تتكون الخيوط
السميكة من الميوسين وهي المادة الضرورية للانقباض.

وتتسبب المعاملة الأكثر عنفا في إزالة بروتين آخر يسمى أكتين (Actin) مع بروتينين

آخرين هما التروبوميوسين (Tropomyosin) والتروبونين (Troponin) كما تتلف هذه الوسائل تركيب الخيوط الرفيعة. وبناء على هذا وغيره من الخلفيات الأخرى، يبدو واضحاً أن هذه الثلاث بروتينات هي التي تكون الخيوط الرفيعة.

وإذا، مزجنا محلول من الأكتين مع محلول من الميوسين، يصبح المزيج المتكون لزجاً جداً وذلك بسبب اتحاد البروتينين سوياً. وإذا أضفنا الآن بعضاً من (ATP) إلى المزيج، تزول اللزوجة ويتحلل (ATP) مائياً إلى (ADP) وفوسفات غير عضوية. وعند تكسير كل (APT) تعود اللزوجة، وهذا يجعلنا نقترح أن مركب الأكتين والميوسين (المسمى أكتوميوسين Actomyosin) هو إنزيم (ATPase) و زيادة على ذلك، فإنه يبدو أن (ATP) يغير الارتباط بين الأكتين والميوسين.

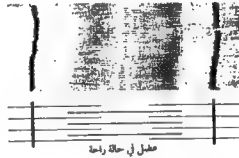
ويمكن توضيح النقطة الأخيرة باستخدام الياف عضلية ميتة (والتي وصفت من قبل) والتي تم أبعاد جميع بروتيناتها الذاتية بغمرها في الجليسيرول. ومثل تلك الألياف تكون صلبة وهشة. ويتعرضها إلى (ATP) على أية حال، تصبح تلك الألياف العضلية الميتة لينة ورطبة. (وتوضح هذه الملاحظة الظاهرة المسماة (rigor mortis) وهي تصلب العضلات الهيكلية بعد الموت. إذ أنه بالموت، ينقطع إفراز (ATP) وتصبح بروتينات الألياف العضلية مرتبطة ببعضها البعض بدون عودة).

٧-٣٠. نظرية الخيط - المنزلق THE SLIDING - FILAMENT HYPOTHESIS

يتكون جزء من الميوسين الذي تتكون منه الخيوط السميكة من تحت وحدات كروية (Globular subunits) وهذه التحت وحدات هي التي تتحد بالأكتين (وكذلك بالـ ATP) وتظهر تلك التحت وحدات تحت الميكروسكوب الإلكتروني مثل الكباري المتقاطعة (Cross-bridges) بين الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة (الشكل ٣٠-٣١) ونحن نفترض أنه بطريقة ما، ربما عن طريق حركة مفصلية (Swiveling) تسحب الكباري المتقاطعة الخيوط الرفيعة لمسافة بسيطة عبر الخيوط السميكة، ثم، لا بد للكباري المتقاطعة أن تتكسر (وحيث توجد الحاجة للـ ATP) لعملية التكسير هذه وتعيد تكوين نفسها أبعد على طول الخيوط الرفيعة لتكرر العملية ثانية. ونتيجة لذلك، تنجذب الخيوط عن بعضها البعض في عملية تسمى Ratchet like أي متقاطعة الفعل، وطبقاً لهذه الطريقة، لا تستدعي الحاجة للخيوط الرفيعة كي تقصر أو تسمك



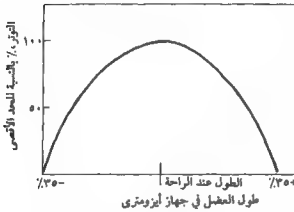
الشكل ٣٠-١١. نظام التخطيط في عضل مشدود وعضل في حالة راحة. في العضل المشدود يوجد تقاطع أقل للخيوط السمكية والخيوط الرفيعة. وتبعاً لذلك، تصبح الأشرطة - ي (I) والمنطقة - ز (Z) أعرض. ويبقى عرض الشريط - أ (A) بدون تغيير (بتصريح من دكتور هـ. ي. هكسلي).



أو تلتف أثناء العملية.

وكيف يمكن للإنسان قياس تلك العملية المسماة بنظرية الخيط-المنزلق؟ ولنسأل أولاً إلى أي شيء تؤدي بنا تلك النظرية كي تتنبأ عن ظهور الساركوميرات في العضل المشدود والعضل المنقبض. هل ننتظر أن يتغير عرض الأشرطة - أ (A) حيث أن طول الليفة قد تغير. أو يتغير عرض الشريط - ي (I) أو عرض المنطقة - ز (Z)؟ فإذا ما شددت ليفة عضلية، لا بد من أن تجذب الخيوط الرفيعة بعيداً من بين الخيوط السمكية، وهذا يجعل الشريط - ي (I) والمنطقة - ز (Z) أوسع. وعلى أية حال، يبقى عرض الشريط - أ (A) ثابتاً. وكما نشاهد في الشكل (٣٠-١١)، يتم هذا التنبؤ بالضبط.

والآن لنختبر التوترات النشطة الناتجة عن انقباض العضل انقباضاً متساوياً الأبعاد (Isometrically) (الشكل ٣٠-٩). فإذا، أظهرت الكباري المتقاطعة الفعل المعروف بأسم (Ratchet-like) لا بد من أن نفترض أنه كلما كثرت الكباري - المتقاطعة التي تعمل، كلما كثرت التوترات الناتجة. ونحن نجد أن العضل قادر على إظهار أقصى توتراته إذا ما بقي عند طول الطبعي وقت الراحة. واختبار الساركوميرات فيه يوضح أن كمية تداخل الخيوط السمكية والرفيعة تكون بطريقة تتسبب في إشراك أقصى عدد



شكل ٣٠-١٧. العلاقة بين التوتر وطول الساركومير في عضل يتقبض isometrically عند شد العضل، تشارك كباري - متقاطعة أقل في عملية التوتّر. وعند السماح لها بالقصر أقل من طولها وقت الراحة، فإن الخيوط الرفيعة تمتد بعيدا عبر الساركومير الذي يتقابل مع الكباري المتقاطعة التي تبدي القوة في الاتجاه المضاد-وهذا يقلل التوتر المتولد.

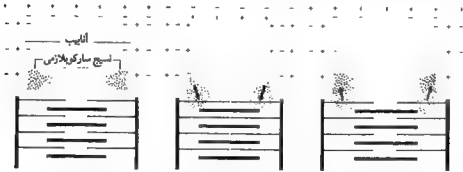
من الكباري المتقاطعة في العمل (الشكل ٣٠-١٧) وعند شد العضل نجد أن التوترات النشطة تقل، ويكون هذا معقولا لأن منطقة تقاطع الخيوط السميكة والرفيعة تقل تبعا لأستطالة الساركوميرات (الشكل ٣٠-١١). وفي الحقيقة، إذا، شدنا العضل لمسافة بعيدة كافية، تنجذب الخيوط الرفيعة كلية بعيدا عن الخيوط السميكة. وعند هذا الطول، لا يظهر العضل الذي تم تنبيهه أي توتر بلمرة (الشكل ٣٠-١٧)، وبذلك يكون تأثير الطول على التوتر الناتج عن العضل المنقبض (المنكمش) ذي أبعاد متساوية (Isometrically) أي مناسبة تماما لفكرة أن التوتر ينتج عن الكباري-المتقاطعة التي تحاول جذب الخيوط الرفيعة إلى تداخلات مع الخيوط السميكة.

٣٠-٨. ربط الأثارة بالأنكماش COUPLING EXCITATION TO CONTRACTION

تبقى الان فجوة رئيسية في قصتنا، فلقد اخترنا الأحداث المؤدية إلى خلق جهد العضل في ليفة عضلية، كما أنشأنا نموذجا لشرح القصر الذي يحدث عند تنبيه العضل الهيكلي. والان لابد أن نسأل كيف يؤدي الحدث الأول - وهو الأثارة إلى الحدث الثاني - وهو الأنقباض.

ولقد اتضح أنه توجد طريقة أخرى يمكننا بها أن نجعل الليفة العضلية تنقبض، هذه الطريقة هي حقن محلول من أيونات الكالسيوم في الليفة (باستخدام) القطارة الدقيقة (Micropipet) فإذا ما فعلنا ذلك، تنقبض الليفة بدون وجود أي جهد فعل. وبدلاً من ذلك، يمكننا معاملة الليفة العضلية بهادة كيميائية يمكنها أن تغمر أية أيونات كالسيوم تكون موجودة في الليفة وعند تنبيه مثل هذا العضل، يتولد جهد فعل ولكن لا يتبعه أي انقباض. ومن هذا يكون واضحاً إذن أن أيونات الكالسيوم تلعب دوراً في ربط العمليتين.

والآن، باستخدام كالسيوم مشع، أمكننا النظر إلى توزيع الأيونات في الألياف العضلية، إتضح أنه في الألياف الساكنة (Resting) يحاصر كل الكالسيوم في مثانات (Sacs) الشبكة الإندوبلازمية (الساركوبلازمي) وهذه تكون موجودة بكثرة في مناطق الخطوط - ز (Z) (الشكل ٣٠-١٣)، بعبارة أخرى، عند حدود الساركوميرات. وعند نشاط الليفة، يفرز الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية ويتشر بين الخيوط الرفيعة والخيوط السميكة للساركومير، هنا يتحد الكالسيوم مع التروبونين وهو أحد بروتينات الحيط الرفيع، وتكون نتيجة هذا الاتحاد بين أيونات الكالسيوم وبين التروبونين التداخل بين الأكتين والميوسين وبذلك تحدث حركة الخيوط. وعند انتهاء العملية، يؤخذ الكالسيوم ثانية إلى الشبكة الساركوبلازمية.



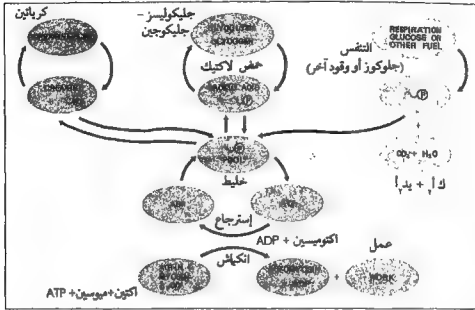
شكل ٣٠-١٣. ربط الإشارة بالانكماش. يسار: الجهاز T والشبكة الساركوبلازمية في عضل ساكن (Resting). وسط: تكاثف جهد الفعل يعكس قطبية الأنابيب في الجهاز T. وهذا يبدأ إفراز أيونات الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية. وارتباط أيونات الكالسيوم بالتروبونين في الخيوط الرفيعة يشعل (يعمل على بدء) التداخل بين الأكتين والميوسين، وتقتصر الساركوميرات. يمين: الحفاظ على الاستقطاب العادي يتجعد عودة أيونات الكالسيوم إلى الشبكة الساركوبلازمية وارتخاء الساركومير.

وتبقى الآن مشكلة، فالليفة العضلية تكون مكدسة بالليفات، وكل من هذه الليفات عبارة عن صف طويل من الساركوميرات المتكررة. ولكن إذا اشتغل (Turned on) كل ساركومير بمفرده، فكيف يمكننا إذن أن نتأكد أن جميع الساركوميرات الموجودة في ليفات الليفة تعمل كلها (تبدأ شغلها) في وقت واحد؟ يوجد حل دقيق لتلك المشكلة، إذ أنه يوجد بطول الليفة وحولها وعلى مسافات متساوية جيوب داخلية (Inpoc-ketings) من غشاء الليفة، تسمى هذه الجيوب بالجهاز - ت (T-System) (الشكل ٣٠-٣٠ب). وتنتهي أنابيب الجهاز - ت عند أو قرب الخيوط - ز (Z) أي عند مئذات الشبكة الساركوبلازمية الملونة بالكالسيوم تماما. والجهاز - ت، كونه إمتدادا لغشاء الليفة فانه يحمل جهد العضل عميقا في الليفة العضلية. وتؤكد السرعة التي يسافر بها جهد العضل أنه يصل إلى جميع نهايات الجهاز - ت في نفس الوقت - الذي بدأ فيه إفراز أيونات الكالسيوم، بذلك يكون حدوث انقباض جميع الساركوميرات في كل ليفة في الليفة العضلية كلها حقيقية في نفس اللحظة.

٣٠-٩. كيميائية الإنقباض العضلي

THE CHEMISTRY OF MUSCULAR CONTRACTION

أن المنبع السريع للطاقة لأنقباض العضل هو (ATP): وهو المنبع للطاقة الحرة لأغلب العمليات الحية، ولكن تحتوي الليفة العضلية على كمية من (ATP) تكفي فقط لأمداد عدة تحريكات (Switch) قليلة بالطاقة. فإلى أي منبع للطاقة يمكن الليفة أن تذهب كي تضمن وجود مدد ثابت من (ATP) ؟ ان أفضل منبع هو التنفس الخلوي للجزيئات المغذية الآتية إلى الليفة عن طريق الدم. وعلى أية حال، إذا وضعنا عضلا منعزلا في جو لا هوائي كي لا يحدث أي تنفس خلوي، فان الليفة لا يزال في إستطاعتها ان تنقبض بشدة لمدة طويلة، وذلك لأن الليفة العضلية تستطيع انتاج الطاقة بعملية الجلوكزة (Glycolysis) (الشكل ٣٠-١٤). فالجليكوجين يمثل نحو ١٪ من وزن الليفة العضلية. وعند حرمان الليفة من الأوكسجين، ينكسر الجليكوجين الموجود بها إلى جلوكوز ١ - فوسفات، وهذا يتحول إلى شبيهه جلوكوز ٦ - فوسفات (في الباب السابع أنظر شكل ٧-٥) وأكسدة NAD-catalyed للـ ٣ - فوسفوجليسير الدهيد (3-phosphoglyceraldehyde) والذي يعطى بطبعه حمض البيروفيك (Pyruvic acid).



الشكل ٣٠-١٤. كيميائية انكماش العضل. (عرات-بالألوان-العمل أثناء سداد دين الأوكسجين).

وفي غياب الأوكسجين والذي يمكن للـ (NADH) أن يعطيه إلكتروناته، يستدير الـ (NADH) ليختزل حمض البيروفيك إلى حمض اللكتيك (حمض اللبنيك) (الشكل ٥-٧). وبينما تحتاج تلك العملية للـ (ATP) فإن الأخير يتم توليده كذلك. والناتج النهائي هو جزيئين من (ATP) لكل زوج من جزيئات حمض اللكتيك الناتج، وهو ليس بالكثير ولكنه يكون كافياً لتمكين العضل من الاستمرار في أداء وظيفته في حالة غياب الأوكسجين أو، أكثر غالبية، في حالة عدم كفاية امدادات الأوكسجين لمقابلة احتياجات العضل.

وإذا أخذنا تحفيز العضل الموجود عندنا ونعامله بحمض الأيدودأسيتيك (الخليك - اليودي Iodoacetic acid) يستمر العضل في الانقباض. ولهذا الاكتشاف أهميته لأن حمض الخليك - اليودي يسمى إنزيم -phosphoglyceraldehyde dehydrogenase (الشكل ٥-٧) وبذلك يضع حداً فجائياً لعملية الجلوكزة. فهل هناك إذن، بعد ذلك، منبع آخر لإنتاج (ATP)؟ والأجابة هي نعم: انه لمركب فوسفات الكرياتين (Creatine phosphate) (CP) (الشكل ٣٠-١٤). فتتصل مجموعة الفوسفات في هذا المركب برابطة عالية الطاقة مثل الروابط عالية

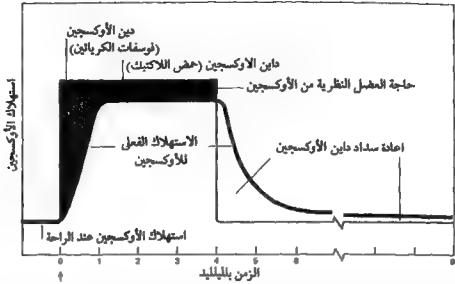
الطاقة الموجودة في (ATP) ويستطيع فوسفات الكرياتين أن يهب طاقته العالية من الفوسفات إلى (ADP) ويحول إلى (ATP).



وبذلك يستخدم حوض (Pool) فوسفات الكرياتين في الليفة العضلية (أكبر بنحو عشرة مرات عما في مثيلة في ATP) كمخزن متواضع للطاقة لتخليق (ATP).

ولساعدتنا في فهم كيفية استخدام منابع هذه الطاقة العديدة، فلنختبر اذن الأحداث الكيميائية الحيوية التي تحدث في العضلات الهيكلية لشخص رياضي يجري لمسافة ميل واحد. ولنفترض: (١) أن متسابقنا الذي يجري حسن جدا ويحتاج فقط إلى أربعة دقائق لتكلمة السباق، (٢) أنه يجري السباق بخطوة ثابتة (وربما هي أحسن تكتيك بالنسبة لأساس الكيمياء الحيوية ان لم تكن أفضل استراتيجية للسباق). ويوضح الشكل (٣٠-١٥) معدل استهلاك الأوكسجين بينما يكون المتسابق في وقت الراحة. والكمية النظرية التي نحتاج إليها لأمداد الطاقة أثناء السباق من التنفس الخلوي وحده موضحة باللون الأسود، وشاهد المنحنى العضلي لاستهلاك الأوكسجين بالألوان. وكما يمكنك أن تشاهده عندما يبدأ السباق، فإنه توجد زيادة في معدل استهلاك الأوكسجين (أي تنفس خلوي) لن يستغرق الوصول إلى الحد الأقصى لمعدل استهلاك الأوكسجين لنحو دقيقة أو أكثر وحتى هذا لا يكون كافيا لأداء المهمة (أي الجري في السباق). وماذا يعوض هذا النقص؟ أولا، يوجد تكسير لفوسفات الكرياتين، والطلب المتزايد المفاجيء للـ (ATP) في اللحظة التي تلى انطلاق منظم بداية السباق طلقة النار، تزوده فوسفات الكرياتين. وفي نفس الوقت، يبدأ معدل تسليم الأوكسجين للعضلات في الازدياد بسرعة بينما تهيم رئات، وقلب، والأوعية الدموية للمتسابق للمطالب الجديدة. ويسرعة تستهلك امدادات فوسفات الكرياتين، بعد نحو ١٥ ثانية، وتبدأ مساهمة فوسفات الكرياتين في انتاج (ATP) في الانتهاء. ولا بد لأي شيء آخر أن يقوم بحمل المسئولية وهذا هو التحلل الجليكوجيني. إذ بعد دقيقة أو أكثر يصل معدل التنفس الخلوي إلى قيمة ثابتة، إن لم يكن هذا غير كاف - كما هو المتوقع - يعوض ذلك الاستمرارية في التحلل الجليكوجيني (الشكل ٣٠-١٥).

وأنت تعرف أنه بمجرد عبور المتسابق لخط النهاية، لا ينخفض معدل وعمق التنفس



شكل ٣٠-١٥ . العلاقة بين احتياجات الأوكسجين والاستهلاك العضل للأوكسجين أثناء وبعد دقائق من النشاط الرياضي العنيف قبل الجري لمسافة ميل . وبينما يبني القلب، الأوعية الدموية نفسها لتوزيع أوكسجين أكثر للعضلات، فتقص الطاقة يقابلة مبدئياً تكسر فوسفات الكرياتين. وكلما استمر السباق، يعمض تخمر حمض اللكتيك نفس الطاقة. وبعد السباق، يستمر التنفس الخلوي عند مستويات أكبر من مستويات أثناء الراحة لتعويض (سداد) دين الأوكسجين. وإعادة تخليق فوسفات الكرياتين في العضلات يحدث بسرعة. وإعادة تخليق الجليكوجين من حمض اللكتيك، والذي يحدث في الكبد، يحدث ببطء.

مباشرة إلى معدلات الراحة. وبدلاً من ذلك فإنه توجد فترة من استمرارية المعدلات المرتفعة للتنفس الخلوي، أثناء تلك الفترة يسد دين الأوكسجين (Oxygen debt) وهو الفرق بين الاحتياجات النظرية للأوكسجين اللازمة للسباق والأوكسجين الذي يتم بالفعل استهلاكه (الشكل ٣٠-١٥)، وبالنسبة للكيمياء الحيوية، فهو مقياس للمعدل المتزايد للتنفس الخلوي الذي يحتاج إليه المتسابق، أولاً، لسد النقص في مخزون العضل من فوسفات الكرياتين، ثانياً، لأمداد الطاقة لإعادة تخليق الجليكوجين من حمض اللكتيك الناتج من التحلل الجليكوجيني.

وإعادة بناء حوض (Pool) فوسفات الكرياتين تكون سريعة، يحدث ذلك بداخل الليفة العضلية نفسها. وتستغرق إعادة تخليق حمض اللكتيك إلى جليكوجين مدة أطول، وسبب واحد لذلك هو أن العملية لا تحدث في العضلات ولكنها تحدث في الكبد. ويحمل حمض اللكتيك المفرز من العضلات المجهدة بواسطة الدم إلى الكبد.

حيث هنا يعاد تخليقة إلى جليكوجين باستخدام الطاقة المزودة عن طريق التنفس الخلوي. وبعد ذلك بكثير، يخزن جليكوجين العضل بحمل الجلوكوز من الكبد إلى العضلات. وقد تستمر الزيادة الطفيفة في استهلاك الأوكسجين المطلوبة لسداد جزء التحلل الجليكوجيني الناتج لسداد دين الأوكسجين لعدة ساعات (الشكل ٣٠-١٥).

وتوضح الصورة الموجودة في الشكل (٣٠-١٥) سببا كيميائيا حيويا لنجاح استخدام التدريب على فترات (Interval training) للمتسابقين في الجري. ويتكون التدريب على فترات من الجري المتبادل القصير (مثل ٣٠ ثانية) مع فترة راحة قد تصل إلى مرتين أو ثلاث مرات لطول مدة الجري القصير. وإذا كان طول مدة الجري قصيرة للدرجة كافية، عندئذ فقط سيساهم تكسير فوسفات الكرياتين في دين الأوكسجين. وعلى خلاف دين حمض اللاكتيك، فإن هذا الدين يمكن سداه بسرعة أثناء فترة الشفاء بعد انتهاء عملية السباق. ثم يكرر المتسابق التتابع. وبهذه الطريقة قد يجمع متسابق جاد عشرة أميال أو أكثر من الجري عند أقصى سرعة أثناء الركض في أي وقت فيما بعد الظهيرة. ويعتبر هذا أكثر بكثير عما يمكن الوصول اليه بمحاولة جري نفس المسافة الكلية في جرية واحدة أو في عدة جريات قليلة.

CARDIAC MUSCLE

٣٠-١٠. عضلة القلب

تتكون عضلة القلب من ألياف متداخلة مخططة (الشكل ٣٠-١٦) وإذا ما نظرت إلى الشكل (٢٣-١٧)، ستري أن اللفيفات تسير تقريبا موازية لبعضها البعض وتنظيم الساركوميرات بها مشابه لذلك الموجود في العضلة الهيكلية. وعلى أية حال، فلفيفات عضلة القلب تكون متفرعة في الغالب والميتوكوندريا أكثر وجودا بها عما في ألياف العضلة الهيكلية.

وتختلف عضلة القلب عن العضلة الهيكلية في فسيولوجيتها أيضا. فالنبض الذي يتسبب عن انقباض عضلة القلب يتولد ذاتيا. وحقيقة أن الأعصاب السيمبثاوية والباراسيمبثاوية تذهب إلى القلب ولكن تحكمها هو كمساعد فقط وحتى عند تلفها يستمر القلب في النبض طالما يتوفر الجلوكوز والأوكسجين. وأي حرمان من الأوكسجين، كالذي يحدث عند قفل الشرايين التاجية (انظر قسم ٢٣-٨) ينتج عنه بسرعة موت جزء عضلة القلب الذي به الحرمان. وعضلة القلب ليست كالعضلة



شكل ٣٠-١٦. أنواع العضلات الثلاثة الموجودة في الفقاريات كما تظهر تحت الميكروسكوب العادي. العضل الميكلي وحض القلب يتكون كل منهما من ألياف طويلة عديدة الأنوية. العضل اللاإرادي (الأملس) مكون من خلايا فردية مغزلية - الشكل. (العضل الميكلي يتصريح من مؤسسة وارد للمعلوم الطبيعية. العضلات الأخرى بتصريح من تيرنوكس).

الهيكلية، لها فترة انكسار أطول من فترة الأسترخاء. ولذلك، ليس من المحتمل حدوث تيتانوس (Tetanus).

٣٠-١١. العضل الأملس SMOOTH MUSCLE

كل ليفة عضلية ملساء هي خلية واحدة مغزلية وبها نواة واحدة (الشكل ٣٠-٦)، وترتب الخلايا في رقائق أي صفائح (sheets) ويسمى العضل الأملس كذلك بالعضل الغير مخطط اذ أنه خال من التخطيط العرضي الذي يشاهد تحت الميكروسكوب في العضل الميكلي. وعلى العموم، تحتوي الخلية على الخيوط السمكة والخيوط الرفيعة المكونة من الأكتين والميوسين، وتلك الخيوط مرتبة في لفيفات (Fibrils) تنقبض. ولازالت طريقة انتاج تلك اللفيفات لقوة الانقباض في العضل الأملس تحت البحث الجاد.

وقد تنقبض العضلة الملساء اختياريا ولكنها مبدئيا محكومة بالخلايا العصبية الموصلة للجهاز العصبي السيمبثاوي والباراسيمبثاوي. وكما تفرز الخلايا العصبية الخلف عقدية الباراسيمبثاوية مادة (ACh) عند نهايات محاورها (Axons) تماما كما تفعل الخلايا العصبية الموصلة في الجهاز الحسى -الجسماني. وعادة تفرز الخلايا العصبية السيمبثاوية الخلف عقدية النورادرينالين. ويختلف تأثير النورادرينالين على قطعة من العضل الأملس تبعا للعضل نفسه ولكنه دائما تأثير متضاد. فإذا ما نبه ACh العضل يمنع

النورادرينالين والعكس بالعكس . وعلى سبيل المثال، ينبه (ACH) انقباض الجدار العضلي للأمعاء بينما يمنعه النورادرينالين . ومن جهة أخرى يمنع (ACH) انقباض الجدر العضلية للشرايين الموردة للدم إلى الأحشاء بينما ينبه النورادرينالين انقباضها .

وعمل العضل الأملس أبطأ بكثير من عمل العضل الهيكلية، إذ قد يستغرق العضل الأملس ٣ ثوان إلى ٣ دقائق كي ينقبض . وعلاوة على ذلك، يختلف العضل الأملس عن العضل الهيكلية في قدرته على البقاء متقبضا عند أطوال مختلفة، وتسمى مثل هذه الحالة الانقباض الجزئي - Tonus ولكن بخلاف الانقباض الجزئي في العضل الهيكلية، يبدو أن هذا الانقباض الجزئي في العضل الأملس لا يحتاج لتنبيه مستمر وإنتاج طاقة .

OTHER EFFECTORS

مؤثرات أخرى

CILIA AND FLAGELLA

٣٠-١٢ . الأهداب والأسواط

الأهداب والأسواط زوائد كالكرياج موجودة على السطح الخارجي لأنواع كثيرة من خلايا حقيقيات النواة (Eukaryotic) فإذا ما وجد واحد أو قليل من تلك الزوائد، فانه يطلق عليها اسم أسواط (Flagella) وإذا ما وجد العديد منها فانه يطلق عليها اسم أهداب (Cilia) وتعمل الأسواط لأن تكون أطول من الأهداب ولكن فيها عدا ذلك فانها تشبهها تماما في التركيب .

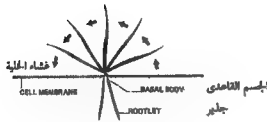
وفائدة الأهداب والأسواط هي تحريك السائل الخارجي الخلوي المحيط بالخلية وفي حالة الخلايا الفردية مثل *Chlamydomonas* (الشكل ٩-٦) أو خلية منوية، تسبب حركة الأهداب أو الأسواط اندفاع الخلية خلال الوسط الذي تعيش فيه . وعلى هذا، فان الأهداب والأسواط هي تراكيب حركية للكثير من الخلايا الفردية .

وفي غالبية الحيوانات (فيما عدا الحشرات)، توجد الأهداب على الأسطح المعرضة لبعض الخلايا الظلائية . وفي تلك الحالات، تكون وظيفتها تحريك بيئة سائلة على الخلايا . وفي الباب الواحد والعشرين، رأينا كيف أن الضرب المنظم (Rhythmic) للأهداب على خياشيم حيوان الكلام (Clam) يعمل على استمرارية سحب المياه العذبة . وفي نفس الباب، لاحظنا كذلك الوظيفة الهامة للخلايا الهدبية في ممراتنا

الهوائية في تخلص تلك الممرات من الأتربة المستنشقة وأماها. وفي هذه الحالة، فالضرب المنظوم للأهداب يسمح فيلما من المخاط المحمل بتلك المواد تجاه الحلق (الزور Throat) ويظهر الميكروسكوب الأليكتروني أن الأهداب والأسواط لها نفس التركيب الأساسي. ويتكون كل هذب أو سوط من صف اسطواني من الخيوط البروتينية، توجد تسعة من تلك الخيوط على مسافات متساوية حول سطح الأسطوانة، وكل خيط سطحي من تلك الخيوط التسعة يتكون من أنبوية دقيقة (أنظر قسم ٥-١٦) مع أنبوية دقيقة جزئية أخرى متصلة بها. وهذا يعطي الخيط مظهر الرقم (8) عند رؤيته في القطاع العرضي (الشكل ٣٠-١٧). ولا تمتد الأنبوية الدقيقة الجزئية في كل خيط طويلا للخارج في طرف الهذب مثلما تمتد الأنبوية الدقيقة الكاملة المجاورة لها. ويسير خلال مركز الحزمة أنبويتان دقيقتان منفردتان، مكملتان للنظام المسمى ٩ + ٢. ويكون كل التجميع السابق ذكرا مغلفا بغشاء هو ببساطة امتداد لغشاء الخلية.

وكل هذب (وسوط) متصل بجسم قاعدى (Basal body) مغمرور في السيتوبلازم. والأجسام القاعدية تشابه الأجسام المركزية (Centrioles) (أنظر قسم ٥-١٧) وهي، في الحقيقة، ناعمة فيها. وعلى سبيل المثال، فإن أحد الأجسام المركزية في خلية منوية ناشئة تصبح جسما قاعديا وهذا ينتج سوطا بعد أن يكمل دورة في توزيع الكروموسومات أثناء انقسام الخلية (أنظر قسم ٩-٢).

(Courtesy Peter Saxe)



الشكل ٣٠-١٧. أعلى:

صورة الكترونية لهذب واحد

(قطاع عرضي). لاحظ

النظام المميز للأنابيب

الدقيقة. أسفل: رسم هذب

واحد. ضربة القوة تشاهد

أعلى الصورة، ضربة التقاطع

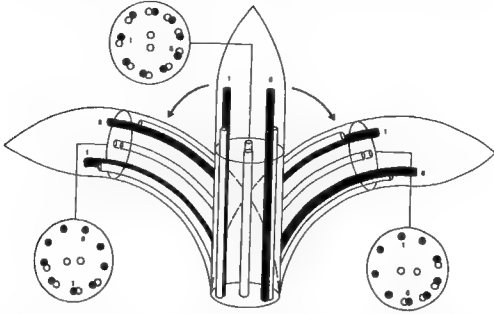
تشاهد أسفل الصورة.

وكما تعلمنا في الباب الخامس، تخلق الأنايب الدقيقة من وحدات متكررة من البروتينين توبيولين (Tubulin) (أنظر الشكل ٥-١٩)، كما توجد كميات أقل من بروتينات أخرى في الأهداب. وأحد تلك البروتينات والمسمى ديناين (Dynein) يكون أذرعاً تمتد من أنبوبة دقيقة كاملة لأحد الخيوط إلى أنبوبة دقيقة جزئية للخيوط المجاور.

وتسبب الأهداب والأسواط أنواعاً كثيرة من أعمال الضرب (Beating) فبالنسبة للأهداب، تكون أحد تلك الضربات المنتشرة هي الحركة المجاذبية (Rowing motion) والتي يمتد فيها الهدب أثناء ضربة القوة Power stroke وينحني أثناء ضربة النفاضة "Recovery stroke" (الشكل ٣-١٧). وحركة السوط في الغالب أكثر تعقيداً، إذ تشمل حركات تموجية وحركات سوطية.

وكيف إذن تعمل الأهداب؟ قد يذكرك التنظيم الدقيق لجهاز الخيوط المرتبطة بجسور من الديناين (Dynein) بنظرية المنزلق لأنقباض العضل الهيكلي. فهل يستطيع انزلاق خيوط الأنايب الدقيقة للأهداب أن تنتج عملية الثني (Bending)؟ الجواب نعم، إذا ما افترضنا أنه يوجد بعض الاحتكاك بين الأنايب الدقيقة المنزلقة. فكيف إذن يمكن اختبار مثل هذا النموذج؟ أنت تتذكر أن الأنايب الدقيقة الجزئية لا تمتد بعيداً للخارج في طرف الهدب كما تفعل الأنايب الدقيقة الكاملة والتي يتصل بها كل منها. فإذا ما قمنا بعمل شريحة (Slice) على مسافة قصيرة خلف طرف هدب قائم سنرى النظام النموذجي ٩-٢ ولكن إذا عملنا مثل نفس الشريحة ولكن خلال هدب مائل (الشكل ٣٠-١٨، إلى اليمين)، فإن نصف عدد الخيوط تقريباً (في الجانب العلوي) يجب أن تنكمش، وهذا يسبب وجود الطول الأكبر للقوس على الجانب المحدث. ويحتمل في مثل تلك الحالة أن نتوقع أن أنابيبها الدقيقة الجزئية قد انسجت أسفل مستوى الشريحة، وبذلك فإن الأنايب الدقيقة الكاملة لتلك الخيوط هي الممكن رؤيتها. وعندما ينشئ الهدب للجهة الأخرى (الشكل ٣٠-١٨ يسار) تختفي المضاعفات (Doublets) الموجودة على الجهة الأخرى بينما تظهر ثانية على ما هو الآن على الجانب السفلي أو المقعر. وتوضح الصورة الألكترونية هذه التوقعات تماماً.

وتوجد مطابقات أخرى بين الخيوط المنزلقة للعضل الهيكلي وبين الأنايب الدقيقة المنزلقة للأهداب. فالحملية في كلتا الحالتين يقويها (ATP) والكباري العابرة للدناين (Dynein) مثل الكباري العابرة للميوسين، هي إنزيم (ATPase). ويوجد أيضاً دليل



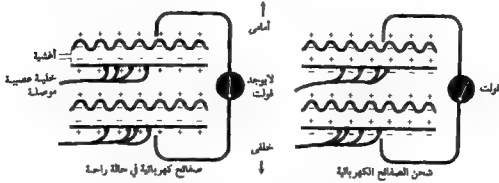
شكل ٣٠-١٨. توقعات انزلاق الأنابيب الدقيقة في حركة الأهداب. نرى الهدب يجبر الخيوط الموجودة على الجانب المقعر تجاه الطرف (بسبب القوس الأقصر التكون). وقطاع عرضي خلف الطرف مباشرة يوضح مجموعة واحدة من تلك الأنابيب الدقيقة المزوجة (أرقام ٣-٦) أثناء ضربة واحدة (يمين) والمجموعة المقابلة (أرقام ٩، ١، ٢، ٣) أثناء ضربة الاسترداد (يسار). ولقد وضحت الصور الاليكترونية هذه التوقعات تماما (بناء على أبحاث بيترساتير).

قوي على أن أيونات الكالسيوم تلعب دورا هاما في تنظيم حركة الأهداب تماما كما تفعل في الياف العضل الهيكلية.

ELECTRIC ORGANS

٣٠-١٣. أعضاء احداث الكهرباء

يوجد في بعض الأسماك (على سبيل المثال ، ثعبان السمك الكهربائي في أمريكا الجنوبية) أجهزة كهربائية وهي كتل من الخلايا المفلطة تسمى بالصفائح الكهربائية (Electroplates) والمكومة في صفوف أنيقة بطول جوانب الحيوان. والسطح الخلفي وليس السطح الأمامي لكل صفيحة كهربائية مزود بالخلايا العصبية الموصلة وعند الراحة يكون داخل كل صفيحة كهربائية مثل أي عضل أو خلية عصبية، ذو شحنة سالبة بالنسبة للسطحين الخارجيين. والقدرة هي نحو ٠,٠٨ فولت ولكن، نظرا لتغير الشحنة (الشكل ٣٠-١٩). لا ينساب أي تيار وعندما يصل أي نبض عصبي إلى السطح الخلفي ، على أية حال ، ينعكس استقطابه . ويزيد إفراز (ACh) بواسطة



الشكل ٣٠-١٩. طريقة عمل الصفايح الكهربائية في ثعبان سمك أمريكا الجنوبية. تعكس النبضات العصبية الواصلة إلى الأعشبة الخلفية جهداً وتسبب في أن تعمل كل صفيحة كهربائية مثل خلية في بطارية. ويخرج من عدة آلاف من تلك الخلايا مرتبة في مجاميع نحو ٦٥٠ فولت.

الخلايا العصبية من نفاذية الغشاء الخلفي لدخول أيونات الصوديوم كي يحدث انعكاس ذاكرة في الشحن، تماماً كما يحدث في جهد فعل الأعصاب والعضلات. (في أغلب الأسماك، تكون الصفايح الكهربائية ما هي إلا خلايا عضلية محورة). وتبقى الأسطح الأمامية موجبة الشحنة ولكن تصبح الأسطح الخلفية سالبة الشحنة. وتعيد الشحنات الآن تقوية بعضها البعض ويسير التيار تماماً كما يفعل خلال بطارية كهربائية بها خلايا مربوطة بأسلاك في مجاميع "Series" وتنتج الفولتات المرتفعة مثل ٦٥٠ فولت من عدة مئات أو آلاف من الصفايح الكهربائية في ثعبان سمك أمريكا الجنوبية. ويكون سريان أمبيراج (Amperage) التيار كافياً (١/٤ - ١/٢ أمبير) ليصعق إن لم يقتل إنسان. يمكن تكرار نبض التيار عدة مئات من المرات كل ثانية.

وتستخدم مثل تلك الأعضاء الكهربائية القوية كتلك الموجودة في ثعبان السمك الكهربائي كأسلحة للدفاع أو للهجوم (لصدم الفريسة كهربائياً وكذلك الأعداء الطبيعية المحتملة، على التوالي). وعلى أية حال، فإن الشحنة الكهربائية للكثير من الأسماك الكهربائية تكون ضعيفة جداً لأداء مثل تلك الأغراض. وفي تلك الحيوانات، تستخدم الأعضاء الكهربائية أنواعاً مذهشة من وظائف إعطاء الإشارات (Signaling) إذ تصدر أغلب هذه الأسماك ذبلاً مستمراً من الإشارات الكهربائية لاكتشاف الأشياء في الماء الموجود حولها. ويعمل هذا الجهاز كالرادار تحت الماء، بالطبع، يعتمد في نجاحه على وجود مستقبلات حساسة للكهرباء (موجودة في الجلد). ويشوه وجود الأشياء في الماء الحقل الكهربائي الذي يصنعه السمك وتكتشف المستقبلات هذا التغير

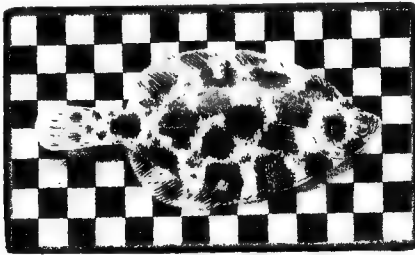
(التشويه). وتستخدم الأسماك الكهربائية أيضا عوامل بثها الكهربائية وعوامل استقبالها لمثل وظائف الاتصالات هذه مثل العثور على زميلاتها، الغزل، الدفاع عن مواطنها ضد المنافسين من نفس النوع، - في بعض الحالات - جذب عضو آخر من نفس النوع للالتحاق بمدارسها وتجمعاتها الأخرى.

وليس للأسماك الكهربائية فقط مستقبلات لاكتشاف التيارات الكهربائية في الماء ولكن على الأقل يفعل ذلك أيضا أحد الأنواع الغير كهربائية وربما يستخدم هذا النوع الغير كهربائي من الأسماك تلك التيارات الكهربائية الموجودة في الماء في اكتشاف قرب وصول الأسماك الكهربائية.

CHROMATOPHORES

٣٠-١٤. الكروماتوفورات

الكروماتوفورات عبارة عن خلايا غير منتظمة الشكل تحتوي على أصباغ مثل الميلانوفورات (Melanophores) الموجودة في الضفدعة (شكل ٢٧-٩) ويتغير توزيع الأصباغ في تلك الخلايا، يستطيع الحيوان أن يغير لون جسمه ويتحول إلى لون البيئة المحيطة به. ويوضح الشكل (٣٠-٢٠) كيف يمكن أن تكون فعالية هذه الطريقة المدهشة. وأظهر العديد من التجارب أن تلك التغيرات الدفاعية في لون الجسم تحتاج إلى وجود العين والجهاز العصبي. وعلى أية حال، لا تنشط الخلايا العصبية الموصلة في



الشكل ٣٠-٢٠. فلاوندر الشتاء يستريح على لوح مقسم إلى مربعات ويوضح كيفية استغلاله للكروماتوفورز في التمويه (بتعريض من المتحف الحقل للتاريخ الطبيعي).

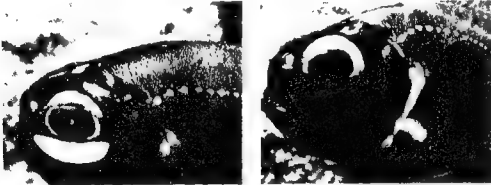
تلك الكروماتوفورات مباشرة في البرمائيات والقشريات، إذ بدلا من ذلك تنقل الهورمونات المنبه من الجهاز العصبي المركزي إلى الكروماتوفورات.

LUMINESCENT ORGANS

٣٠-١٥. أعضاء التألُّق

تعطى الكثير من الحيوانات البحرية ضوءا مرئيا، هذا على الخصوص أمر عادي في تلك الأنواع التي تعيش في ظلام أعماق المحيطات. وفي بعض الحالات ينتج الضوء من بكتيريا مضيئة والتي تلتصق بمركبات خاصة على جسم الحيوان (الشكل ٣٠-٢١).

ويعكس الانتشار الواسع لوجود أعضاء التألُّق في حيوانات أعماق البحار الظلام الدائم الذي تعيش فيه تلك المخلوقات. توجد على الأقل سمكة واحدة يوجد جهازها المضيء عند طرف ساق بارز تستخدمه كطعم لجذب الفريسة التي في متناول فمها. وعند مضايقتها، يفرز أحد أنواع الأخطبوط المسمى (Squid) من فراغ البرنس (Mantle) مائا مضيئا سحابي اللون بدلا من ستارة الدخان الدفاعية من البحر والتي يستخدمها أقارب الذين يعيشون في المياه الضحلة. وفي بعض الحيوانات البحرية التي تعيش أقرب إلى السطح توجد أعضاؤها المضيئة على سطحها السفلي، وربما يجعل ذلك صعبا على



الشكل ٣٠-٢١. سمكة النور الساطع، *Photoblepharon palpebrans* يغطاه عضو التألق بها مفتوحا (يسار) ومقفلا (يمين). ينتج الضوء بإصدار بكتيريا مضيئة بداخل التألق باستمرار، ولكن عملها تتحكم فيه السمكة. وهذه الحيوانات، والتي تم تصويرها عند شعب مرجانية في خليج إيلات، يظهر أنها تستخدم أعضاء التألق بها لأغراض مختلفة مثل جذب الفريسة، إعطاء اشارات أفراد أخرى من نفس النوع، وإرباك أعدائها الدائمين، (بتصريح من الأستاذ ج. و. هيسنجنس من مورين وزملائه، مجلة العلوم Science-١٩٠=٧٤، أكتوبر ٣، ١٩٧٥).

أعدائها المفترسة التي تكمن تحتها أن تراها ضد الخلفية المضيئة للسطح. وتعمل الأعضاء المضيئة كذلك على جذب الرفقاء وبذلك تضمن وضع البيض والحوانات النوية بجوار بعضه البعض.

ولدى أغلبنا دراية باضائة ذبابة النار (Firefly) وإصدار الضوء دوريا والذي نراه كثيرا في أمسيات الصيف الحارة ينتج عن أعضاء تألق خاصة في بطن الذبابة المذكورة طريقة مفهومة الآن جيدا إذ تتدخل فيها مادة لوسيفيرين (Luciferin) وانزيم لوسيفيراز (Luciferase) والأكسجين، (ATP) (الشكل ٣٠-٢٢)، وكلما توفر (ATP) أكثر، كلما زاد بريق الضوء. وفي الحقيقة يوجد على الأقل شركة واحدة لتصنيع الكيموايات تبين ذبول "Tails" مطحونة لذبابة النار لأستخدامها في تحديد تركيز (ATP) في المواد الكيميائية الحيوية المختلفة. وتضاف المادة المحتوية على (ATP) إلى خلاصة محضرة بعناية من ذبول ذبابة النار، ثم تقاس كمية الضوء المنبعثة بعدد حساس للضوء وتزود الشركة نفسها باستمرار بذباب النار المجدد بواسطة شباب صغار في الجزء الجنوبي للولايات المتحدة والذين يكسبون المزيد من المال باصطياد الحشرات وبيعها لتلك الشركة.

ولقد تم جيدا توضيح أن ذكور واث ذباب النار تجذب بعضها البعض باصدارها الومضات الضوئية. ويختلف نظام اصدار تلك الومضات من نوع لآخر. وفي أحد الأنواع، تحاكي الإناث النظام المستخدم بواسطة إناث نوع آخر. وعندما يستجيب ذكور النوع الآخر لهذا الموت الأنثوي، فانها تؤكل!

المستغلات، الأعصاب، المؤثرات: تلك هي التراكيب التي تجعل الحيوانات قادرة على اكتشاف التغيرات في بيئتها، الخارجية والداخلية، واستجابتها بطرق سليمة ومتوافقة لتلك التغيرات.



الشكل ٣٠-٢٢. كيمياء التألق في ذبابة النار (Fire fly) = AMP (أرينوزين أحادي الفوسفات).
الدينوسين رابطة - تحت نهاية مستخدمة).

وعند توجيه تلك الاستجابات خارجياً، كما في الحركة أو التنقل، نقول أن الكائن يظهر سلوكه. وستتم دراسة بعض الطرق المختلفة التي يتصرف بها الكائن في الباب التالي.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

توجد بالحيوانات الفقارية ثلاثة أنواع من العضلات: القلبية، الملساء، والهيكلية، وتحول الأنواع الثلاثة الطاقة الكيميائية إلى قوة ميكانيكية. وتظهر القوة بالانقباض فقط ولذلك، توجد العضلات الهيكلية في أزواج تحرك المفاصل في اتجاهات متضادة.

والألياف العضلية هي عناصر الانقباض في العضل الهيكلية. ولكي تنقبض لابد من تنشيط تلك الألياف. وتعمل النبضات العصبية التي تصل إلى نهايات خلية عصبية موصلة على إفراز (ACh) على الألياف العضلية. ويبدأ (ACh) في أحداث جهد فعل في الألياف. وكل خلية عصبية موصلة لها فروع تنتهي على عدد (٢ أو ٣ إلى عدة آلاف) من الألياف العضلية المختلفة. وصف الألياف الذي يتم تنشيطه بواسطة خلية عصبية موصلة واحدة يسمى وحدة موصلة. واستجابة الوحدة الموصلة وكذلك إستجابة الألياف الموجودة بها هي كل-أو-لا شيء، أي أنه عند تنشيطها تنقبض جميع الألياف في الوحدة الموصلة وتنقبض كلها لأقصى درجات الانقباض. وبذلك فإن درجة انقباض عضل هي وظيفة عدد من الوحدات الموصلة التي تم تنشيطها.

ويحدث انقباض الليفة العضلية بواسطة الحركة المتزلقة للمصفوف المتداخلة للخيوط السميكة (المكونة من الميوسين) والخيوط الرفيعة (المكونة من الأكتين، التروبوميوسين، التروبونين).

وتزود الطاقة اللازمة للانقباض بواسطة (ATP) والذي بدوره يتم تزويده بواسطة التنفس الخلوي. وفي أوقات النشاط الشديد، عندما تضطر العضلات للعمل تحت ظروف لاهوائية جزئياً، يتم تزويد (ATP) بتكسير فوسفات الكرياتين وبالتحلل الجليكولي.

ويتم بدء حركة الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة بإفراز أيونات الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية وإرتباطها بالتروبونين على الألياف الرفيعة ويبدأ إفراز الكالسيوم

بجهد الفعل الذي يحمل عميقا إلى داخل الليفة بالجهاز - ت (System — T).
ويبدو أن ضربات الأهداب تشترك في انزلاق الحيوط المتداخلة والتي تنشأ في هذه الحالة من الأنابيب الدقيقة.

والأعضاء الكهربائية عبارة عن كتل من الخلايا العضلية المحورة. ويخلق تجمع جهود الفعل الفردية في تلك الخلايا تيارا تستخدمه الأسلاك الكهربائية لأغراض كالدفاع. الملاحظة، المواصلات.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل :

- ١ — لحض التغييرات الكيميائية التي تحدث في عضلات الرجل لمتسابق لمسافة ميل واحد من وقت انطلاق بندقية منظم بداية السباق إلى أن يتم راحة المتسابق.
- ٢ — اذكر الوظائف المختلفة التي يقوم بها الهيكل واذكر مثلا محددًا للعظام التي تقوم بكل وظيفة.
- ٣ — كيف يختلف التخمر في العضلات الهيكلية عن تخمر الخميرة؟
- ٤ — في أي شيء تشبه فسيولوجية العضل الهيكلية فسيولوجية الخلية العصبية الموصلة؟ وفي أي شيء تختلف؟
- ٥ — قارن بين التيتانوس والتوناس في العضلات الهيكلية.
- ٦ — كيف يمكنك توفيق الاستجابة المتدرجة للعضلات الهيكلية مع قانون الكل أو لا شيء؟
- ٧ — في أي شيء تشبه فسيولوجية الصفائح الكهربائية للأعضاء الكهربائية فسيولوجية العضل الهيكلية؟
- ٨ — كيف تصف استجابة العضل الموضحة في شكل (٣٠-٨) إذا ما أضيف وزن كثير إلى الرافعة التي لم يستطع العضل أن يرفعها؟
- ٩ — يكون حمض الأوكساليك راسبا غير ذائب مع أيونات الكالسيوم. ماذا يمكن أن يحدث إلى (أ) حجم جهد الفعل، (ب) قوة الانقباض إذا ما أدخل حمض الأوكساليك في ليفة عضلية معزولة؟
- ١٠ — ماذا يكون التأثير على حجم نهاية جهود صفائح على غمر تحضير لعصب عضل معزول (من ضفدعة) بمحلول يحتوي على كل من :

- (أ) نيوستجمين (الذي يمنع عمل الأسيتايل كولين استيرين)،
 (ب) د - تيوبوكوراين [الذي يتنافس مع (ACh) لربط المواقع على غشاء العضل]،
 (ج) هيميكولينيام [الذي يتدخل مع تخليق (ACh) بداخل نهايات الأعصاب]،
 (د) فقط ١/١٠ التركيز العادي لأيونات الصوديوم الموجودة في السائل الخارج خلوي،
 (هـ) أوباين (Oubain) (الذي يقلل النقل النشط لأيونات الصوديوم وأيونات البوتاسيوم)،
 (و) ديكاميثونيوم (Decamethonium) (الذي يحاكي فعل (ACh) ولكنه لا يحتل مائيا بالأسيتايل كولين استيرين؟
 ماذا يكون تأثير كل مما سبق على حجم أي جهود - فعل متولدة؟

REFERENCES

المراجع

- 1 - BULLER, A.J., The Contractile Behavior of Mammalian Skeletal Muscle, Oxford Biology Readers, No. 36, Oxford University Press, Oxford, 1975.
- 2 - HUXLEY, H. E., "The Mechanism of Muscular Contraction," Scientific American, Offprint No. 1026, December 1965.
- 3 - MURRAY, J. M., and ANNEMARIE WEBER, "The Cooperative Action of Muscle Proteins," Scientific American, Offprint No. 1290, February, 1974. An excellent and well-illustrated summary of the interactions of calcium ions, troponin, tropomyosin, and actin in muscle contraction.
- 4 - PORTER, K. R., and CLARA FRANZINI-ARMSTRONG, "The Saracoplasmic Reticulum," Scientific American, Offprint No. 1007, March, 1965.
- 5 - MARGARIA, R. "The Sources of Muscular Energy," Scientific American, Offprint No. 124, March, 1972.
- 6 - SATIR, P., "How Cilia Move," Scientific American, Offprint No. 1304 October, 1974.
- 7 - LISSMANN, H. W., "Electric Location by Fishes," Scientific American, Offprint No. 152, March, 1963.

-
- 8 - MCELROY, W. D., and H. H. SELIGER, "Biological Luminescence," Scientific American, Offprint No. 141, December, 1962.
 - 9 - MCCOSKER, J. E., "Flashlight Fishes," Scientific American, Offprint No. 693, March, 1977 Describes their remarkable luminescent organs and the uses to which they are put.
 - 10- LLOYD, J. E., "Mimicry in the Sexual Signals of Fireflies," Scientific American, July, 1981.

CHAPTER 31

الباب الحادى والثلاثون

THE ELEMENTS OF BEHAVIOR

عناصر السلوك

WHAT IS BEHAVIOR?	ما هو السلوك ١-٣١
INNATE BEHAVIOR	السلوك الغريزى:
BEHAVIOR IN PLANTS	السلوك في النباتات ٢-٣١
TAXES	التكليف ٣-٣١
REFLEXES	ردود الفعل ٤-٣١
INSTINCTS	الفرائسز ٥-٣١
RELEASERS OF INSTINCTIVE BEHAVIOR	مطلقات السلوك الغريزى ٦-٣١
RYTHMIC BEHAVIOR AND BIOLOGICAL "CLOCKS"	السلوك المنظم والساعات البيولوجية ٧-٣١
THE LIFE HISTORY OF THE HONEYBEE	دورة حياة نحلة العسل ٨-٣١
THE WORK OF THE HIVE	عمل الخلية ٩-٣١
TOOLS OF THE HONEYBEE	أدوات نحلة العسل ١٠-٣١
COMMUNICATION AMONG HONEYBEE	الاتصال بين نحل العسل ١١-٣١
LEARNED BEHAVIOR	السلوك التعليمي
HABITUATION	التطبيع ١٢-٣١
IMPRINTING	التمسود ١٣-٣١
THE CONDITIONED RESPONSE	الاستجابة المشروطة ١٤-٣١

INSTRUMENTAL CONDITIONING	١٥-٣١ التكيف الجهازي
MOTIVATION	١٦-٣١ الحافز
CONCEPTS	١٧-٣١ المبادئ
LANGUAGE	١٨-٣١ اللغة
MEMORY	١٩-٣١ الذاكرة
THE ADAPTIVE SIGNIFICANCE OF BEHAVIOR	٢٠-٣١ الأهمية التأقلمية للسلوك
FEEDING BEHAVIOR	سلوك التغذية :
DEFENSIVE BEHAVIOR	السلوك الدفاعي :
SURVIVAL IN THE PHYSICAL ENVIRONMENT	البقاء في البيئة الطبيعية :
REPRODUCTIVE BEHAVIOR	سلوك التكاثر :
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب الحادي والثلاثون

عناصر السلوك

WHAT IS BEHAVIOR

٣١-١ . ما هو السلوك :

السلوك هو الفعل الذي يغير العلاقة بين الكائن وبيئته وهو نشاط موجة خارجياً ولا يحوي التغيرات الداخلية الكثيرة والتي تحدث دائماً في الكائنات الحية .

وقد يحدث السلوك كنتيجة لمنبه خارجي، المستقبلات ضرورية لاكتشاف المنبه، وتقوم الأعضاء المنفذة (Effectors) في الواقع بالعمل . وقد يحدث السلوك كذلك كنتيجة لمنبه داخلي، فالحيوان الجائع يبحث عن الغذاء، والحيوان العطشان يتصرف بطريقة تؤدي إلى التخلص من العطش . وغالباً ينتج سلوك الكائن من اتحاد المنبهات الخارجية والداخلية . فالمنبهات الداخلية، كالجوع، يزود الدافع (Motivation) لاتخاذ الفعل إذا ما رأينا بالفعل الغذاء أو شمننا رائحته .

وعند دراسة السلوك، يكون من المستحسن محاولة التفرقة بين أشكال السلوك الغريزي والسلوك نتيجة التعلم . والسلوك الغريزي هو استجابات طبيعتها، بالمقاس الواسع، محددة بممرات مورثة من التنسيق العصبي، وهو في الغالب غير مرن، إذ يتسبب منبه معين في حدوث استجابة معينة . فحيوان السلامندر المربي بعيداً عن الماء لمدة طويلة بعد أن يكون أبناء عمومته قد بدأت بالفعل السباحة بنجاح، يعوم في كل جزء من الماء وكأنه كان طوال الوقت موجوداً في الماء مع أقرانه . وواضح أن هذه الاستجابة المتقنة مبنية داخلياً (Built in) في النوع وليست شيئاً لا بد من الحصول عليها بالتمرين . والسلوك التعليمي (نتيجة التعلم) من جهة أخرى، هو السلوك الذي أصبح

متغيراً على الدوام كنتيجة لتجربة الكائن بمفرده . وفقط بالتدريب المستمر يمكن للمرء أن يتعلم لعب كرة السلة جيداً . وبين هذه المتضادات ، توجد أشكال من السلوك يظهر فيها تأثير السلوك الغريزى والسلوك التعلّمى مجتمعين . فلقد أوضح العالم هيلمان (Hailman) أن سلوك النقر (التلقيط Pecking) في طيور النورس (Seagull) الحديثة الفقس ، والتي كان يعتقد أنه سلوك غريزى لمدة طويلة ، هو بدون شك متأثر بقوة بتجربة الطير الصغير المبكرة . (ويمكنك القراءة عن نتائج أبحاثه في مقالته المدونة في نهاية هذا الباب) .

INNATE BEHAVIOR

السلوك الغريزى :

BEHAVIOR IN PLANTS

٣١-٢ . السلوك في النباتات

يبدو أن السلوك في النباتات هو سلوك غريزى ، إذ أن كل أفراد أي نوع واحد تستجيب بنفس الطريقة الغير مرنة لأي منه معين ، ولا يوجد شيء تطوعى (ارادى) عن أي استجابة نباتية .

ولا تملك النباتات جهازاً عصبياً ، كما رأينا في الباب السادس والعشرين ، فالسلوك النباتي محصور في حركات النمو الطولى والنمو فى السمك . وتسمى الحركات التي يحدد اتجاهها بالاتجاه الذي يضرب فيه المنبه النبات إلتحاءات (Tropisms). فإنتشاء نبات الشوفان تجاه مصدر ضوء مثلاً هو استجابة ضوئية موجبة (انظر قسم ٢٦-٢) والحركات العامة ، أي ، الحركات التي لا توجه لأي اتجاه معين ، تسمى بالحركات التلقائية (Nas-tic) وافتتاح أزهار التوليب في الأيام الدافئة هو انفتاح حرارى تلقائى (Thermonasty) .

TAXES

٣١-٣ . التكليف

تستجيب بعض الكائنات لمنبه بالتحرك أوتوماتيكياً تجاهه أو بعيداً عنه أو تجاه زاوية معينة منه ، تسمى هذه الاستجابات بالتكليف (Taxes) وهي مشابهة للإلتحاءات الموجودة في النباتات فيما عدا أنه هنا تتطلب الحركة الفعلية الكائن بأكمله . وحتى كائن بسيط مثل البكتيريا *E. coli* ، يقوم بهذا السلوك ، إذ عنه وضع أنبوبة شعيرية محتوية على مادة مثل الجلوكوز في بيئة تحتوي على *E. coli* ، تغير البكتيريا نظام حركتها بطريقة تجعلها تتجمع قرب مصدر المادة (الشكل ٣١-١) . وتسمى هذه الاستجابة بالتكليف

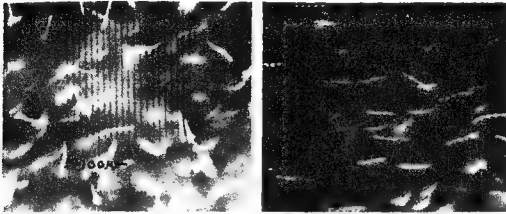
شكل ٣١-١ : التكليف
الكيميائي في *E. coli* تجمعت
البكتيريا عند فتحة أنبوبة
شمعية مملوءة بمحلول
ضعيف من حمض أسيتي
(بتصريح من دكتور يوليوس
أفطر عن ج. أفطر، مجلة
Science - ١٩٦٦، ١٥٨٨ -
١٥٩٧، ٢٦ ديسمبر،
١٩٦٩).



الكيميائي (Chemotaxis) والتي لا تعتمد على قدرة الكائن في تحليل المادة تحليلًا غذائيًا ولو أنه من المحتمل أن ذلك هو قيمة الاستجابة تحت الظروف العادية. وتستجيب *E. coli* بشدة لعدد من الجزيئات العضوية بجانب الجلوكوز، منها الجالاكتوز والخاصض الأميني سيرين وحمض الأسبارتيك.

وغالبًا ما تقوم الأحياء الدقيقة التي تقوم بالبناء الضوئي بعملية التكليف الضوئي (Phototaxis) فكلًا الطحلب الأخضر *Chlamydomonas* (الشكل ٣١-٢) واليوجلينا (*Euglena*) يعومان مباشرة تجاه الضوء ذو الكثافة المعتدلة. وعلى أية حال، فكلما زادت كثافة الضوء، عند الوصول إلى نقطة معينة من الزيادة يعكس الطحلب واليوجلينا فجأة اتجاههما ويعومان بعيدا عن الضوء (وهي استجابة سلبية للتكليف الضوئي).

وإكتشف أن كثيرا من أنواع البكتيريا تعوم في اتجاه خطوط القوة المغناطيسية، إذ أنه في نصف الكرة الأرضية الشمالي، تعوم البكتيريا نحو الشمال. فإذا تكون أهمية التكيف لهذا التكليف المغناطيسي (Magnetotaxis) ؟ تعيش هذه البكتيريا في رواسب مائية وبحرية. ويسبب هذه الخيمة (البيئة المحيطة بالبكتيريا - Tilt) من خطوط قوة الأرض المغناطيسية، فإن البكتيريا الباحثة عن الشمال في نصف الكرة الأرضية الشمالي، تسبح لأسفل. ولكائن دقيق مثل البكتيريا، لا تكون للجاذبية أي تأثير، لذلك توجد هنا ميكانيكية متبادلة والتي يمكن للبكتيريا المطرودة (المزاحة) أن تمجد طريقها ثانية إلى مكانها العادى. وإذا كان للجهاز أن يعمل في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، لابد للبكتيريا من أن تكون باحثة صوب الجنوب، وأمكن مشاهدة ان هذه هي الحالة.



شكل ٣١- ٢ التكليف التصويري في *Chlamydomonas*. يسار : آثار طرق موجهة عشوائيا تكونت خلال ٣/١ ثانيه بهذا الطحلب وحيلة الخلية الذي عوم في ضوء أحمر (والذي لا يحس به الطحلب).
يمين : عند اضاءة شعاع من الضوء الأزرق - الأخضر من جهة واحدة ، توجه آثار الطرق (Tracks) تجاه هذا الشعاع . (بتصريح من دكتور مارى ايلافانيليب ، جامعة تافتس).

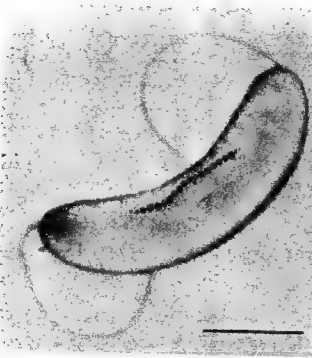
فالميكروسكوب الألكتروني يظهر حبيبات دقيقة جدا بداخل البكتيريا (الشكل ٣١-٣) ، وقد أمكن تعريف هذه المادة في أحد أنواع البكتيريا بأنها مادة الماجنيتايت (Magnetite) ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2 \text{O}_3$).

REFLEXES

٣١-٤ . ردود الفعل

الانعكاسات (ردود الفعل) هي أبسط الاستجابات الغريزية الموجودة في الحيوانات التي بها جهاز عصبي . ورد الفعل هو استجابة أوتوماتيكية لجزء من الجسم لمنبه من المنبهات . والاستجابة تكون فطرية (Inborn) أي أن ، طبيعتها تحد بنظام مورث من المستقبلات ، الأعصاب ، والمؤثرات .

وفي الباب التاسع والعشرين ، إستخدعنا رد الفعل الانسحابي كمثال لنا عن رد الفعل (الانعكاسي) - والآن قد تعلمنا الكثير عن خواص العضل الهيكلي فلنختبر الآن مثلاً ثانياً : الانعكاس (رد الفعل) التمددي (Stretch reflex) ورد الفعل لهزة الركبة المعروفة هو رد فعل تمددي . ولقد نقر طبيبك بدون شك على ركبتك تحت الصابونية بمطرقة ذات رأس من المطاط ، كانت استجابتك بلاشك رفسة فجائية من أسفل الرجل . ومثل تلك الاستجابة هي استجابة تلقائية (أوتوماتيكية) تحتاج لعمل متقن من الحبل



شكل ٣١ - ٣ : صورة

الكترونية للحيوان Aquas-

pirillum magnetotac-

ticum (٣٥٠٠٠ مرة). صف

الأجسام الغامقة بداخل

الخلية هي أجسام

ماجنتايت، وتعمل كإبرة

بوصله في هذا النوع (الذي

وجد في بحيرات الماء العذبة

في ولاية نيويورك) توجه

حاملها تجاه القطب الشمالي.

وبسبب ميل خطوة قوة

المغناطيسية الأرضية، يسبب

هذا السلوك في عوم البكتريا

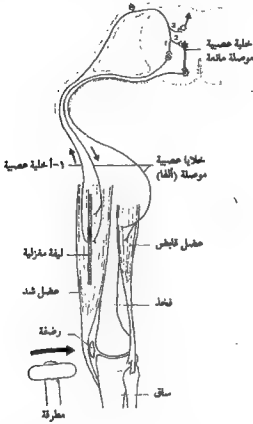
لأسفل وبذلك ترجع الى

الرسميات التي كانت تعيش فيها. والبكتريا المغناطيسية في نصف الكرة الجنوبي تصل الى نفس النتيجة بالسباحة نحو القطب الجنوبي. ويمثل القضيب ١ ملليميكرون. (بتصريح من ر. ب. بليكمور، ن. بليكمور).

الشوكي، ولا يحتاج المخ لأن يلعب أي دور فيها (ولو أنه يمكنك استخدام عقلك (غحك) لمحاولة تخطي رد الفعل).

ويوجه الطبيب المطرقة إلى وتر مثبت لعضل تمثدي موجود أمام الفخذ (الورك) في أسفل الرجل (الشكل ٣١-٤) ونقر هذا الوتر يجعل عضل الفخذ يتمدد (Stretches) هذا بدوره ينشط مستقبلات الشد (التمدد) الموجودة بداخل العضل. وتتكون تلك المستقبلات من نهايات أعصاب حسية ملتفة حول ألياف عضلية خاصة تسمى الألياف المغزلية Spindle fibers ويسمى التركيب الكلى بمغزل العضل Muscle spindle.

وتسبب شد ليفة مغزلية في بدء مجموعة من النبضات في الخلية العصبية الحسية (المسماة بالخلية العصبية أ+ ١ "a-a") المتصلة بها وتحمل تلك النبضات إلى داخل الحبل الشوكي. وتتفرع الأعصاب ١ - أ (axons 1 - a) بداخل الحبل الشوكي وتكون العديد من الأنواع التالية من النهايات العصبية Synapses.



شكل ٣١-٤: ميكانيكية رد فعل هذه الركبة، رد فعل امتدادى. وشد ليفة مغزلية في عضل الشد يرسل مجموعة من النبضات العصبية خلال خلايا عصبية ١-أ إلى الحبل الشوكي. وتنشط نهايات الخلايا العصبية ١-أ (١) الخلايا العصبية الموصلة ألفا المؤدية إلى نفس عضل الشد، والتي تحمل العضل أن ينقبض، (٢) خلايا عصبية رابطة تمنح الخلايا العصبية الموصلة ألفا المؤدية إلى العضل القابض المضاد (٣) الخلايا العصبية الرابطة التي تخبر المخ بما حدث.

١ - تتقابل نهايات بعض الأعصاب الحسية (١ - أ) مباشرة (Synapse) مع نهايات خلايا عصبية موصلة (تسمى خلايا عصبية موصلة ألفا "Alpha") والتي تحمل النبضات ثانية للخارج إلى العضل الذي تم تمدة (الشكل ٣١-٤). وانقباض هذا العضل، هو عضل تمديدي (باسط)، يسبب تمدد الرجل بذلك ينتهي رد الفعل. لاحظ أن الاستجابة لا تستخدم أية خلايا عصبية بينية (رابطة) (يعكس رد الفعل الأنسحابي الذي اختبرناه في الباب التاسع والعشرين).

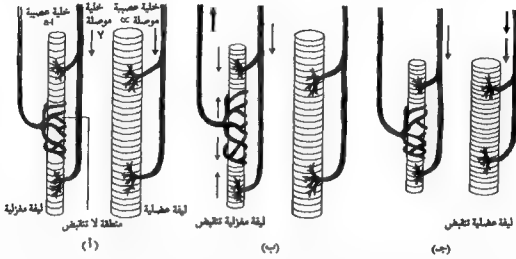
ولعلك تستغرب عن كنه أهمية هذه الاستجابة (بجانب اعطاء طبيعي بعض الدلائل عن حالة جهازك العصبي) وفي الحقيقة، فإن رد الفعل هام جدا في الحفاظ على التوازن. فإذا، على سبيل المثال، استأصلت أصبع قدمك، فإن بداية حدوث هذا الرد فعل يحفظ رجلك من البكللة (Buckling) تحتك.

٢ - بعض أفرع الأعصاب ١-أ المؤدية من مغازل العضلات تتقابل (Synapse) مع نهايات الخلايا العصبية الرابطة في الحبل الشوكي.

وهذه الخلايا العصبية الرابطة ، بدورها تتقابل نهاياتها عصبيا مع نهايات الخلايا العصبية الموصلة المؤدية إلى العضل المضاد ، وهو عضل قابض ، الموجود في ظهر الفخذ (الشكل ٣١-٤). وعلى أية حال ، فإن هذه الخلايا العصبية الرابطة هي خلايا مانعة ، أي أن نشاطها يمنع هذه الخلايا العصبية الموصلة . وبذلك فإن حركة الرجل بواسطة عضلات الشد يمكن تسهيلها بالمنع المتبادل للعضلات القابضة المضادة .

٣ - ورد الفعل التمددى ، بنفسه ، يلعب دورا هاما ، لكنه بسيط نوعا ، في السلوك . فالعضل يتمدد ويستجيب بالانقباض ، ولكن آلة رد الفعل التمددى تفتح آفاقا (احتمالات) اكبر . وعلى أية حال ، فالجزء الوسطى من الليفة المغزلية ، حيث تنشأ الخلايا العصبية a-1 ، غير قابل للانقباض . وتنشط الألياف المغزلية بواسطة خلايا عصبية موصلة - تسمى خلايا عصبية موصلة جاما (Gamma) (الشكل ٣١-٥) .

والآن ماذا يحدث إذا أراد المخ ، مثلا ، القشرة الموصلة (Motor Cortex) أن يجعل عضلات الشد في الرجل تنقبض ؟ كل ما يمكن أن يفعله هو ارسال اشارات لأسفل إلى الحبل الشوكي وخارج الخلايا العصبية الموصلة الفا (Alpha) إلى تلك العضلات ، وعندئذ تنقبض تلك العضلات . ولكن رد الفعل التمددى هو آلية أكثر دهاء ، فالخلايا العصبية الرابطة التي تحضر الاشارات لأسفل من المخ تتصل بنهاياتها عصبيا (Synapse) أيضا مع النهايات العصبية للخلايا العصبية الموصلة جاما (Gamma) وبذلك تنبه الألياف المغزلية لتنقبض في نفس الوقت مثل الألياف الأخرى في بطن العضل . والان ، ماذا يحدث إذا ما أسأت الحكم على كمية المقاومة الواجب التغلب عليها لكى تشد رجلك ؟ أو ، أن تضعها في طريق آخر ، ماذا إذا فشلت الاشارات الآتية من المخ في تنبيه كمية كافية من الخلايا العصبية الموصلة ألفا للحصول على الدرجة المطلوبة من الانقباض ؟ في مثل هذه الحالة ، تنقبض الألياف المغزلية أكثر من العضل المحيط بها (الشكل ٣١-٥) . وهذا يتسبب في فرد وسط الليفة المغزلية حيث تتصل الخلايا العصبية a-1 ، تماما كما فعلت نقرة مطرقة الطبيب ، عندئذ يبدأ رد الفعل التمددى ، وتنشط مجموعة من النبضات في الخلايا العصبية a-1 وخلايا عصبية موصلة a-1 أخرى وتزيد من انقباض العضل . وعندما ينقبض كل العضل للدرجة تعادل انقباض الألياف



شكل ٣١-٥: ضبط العضل الإرادى (الميكلى) بواسطة رد الفعل الامتدادى. (أ) اشارات من المخ تنشط الألياف العضلية الرئيسية والألياف المغزلية. (ب) بسبب تلك الاشارات إلى الألياف العضلية غير كافية للتغلب على مقاومة قصر العضل، ويمتد الجزء الوسطى (المركزي) لليفة المغزلية. وهذا ينشط الخلايا العصبية ١-١. (ج) والمجاميع الإضافية (الزائدة) للتنبؤات الموصلة والمتسببة عن تنشيط رد فعل الامتداد يتسبب في قصر الألياف العضلية الرئيسية إلى أن تريح الامتداد في الألياف المغزلية.

المغزلية، يتوقف نشاط رد الفعل. وبشعور حقيقي، عندئذ، تقيس الألياف المغزلية في العضل الاختلاف في الطول بين طول أليافها هي وطول باقي ألياف العضل، عند وجود أي اختلاف، تسبب الألياف المغزلية في العضل الاستجابة التي تستبعد هذا الاختلاف.

ويعمل التوجيه الميسر (power steering) في سيارة على نفس القاعدة. فإذا ما كنت نازلا بالسيارة من تل والموتور مقفل، فأنك تعرف صعوبة دوران عجلة القيادة لكي تلف العجلات الأمامية للسيارة. ثم عند ادارة الموتور تكتشف على الفور الفرق الكبير بين قوة تحكملك وبين ضعف الاستجابة، ويبدأ عمل جهاز هيدروليكي لمساعدتك في دوران العجل.

وباستحصار، نحن نجد أن آلة رد الفعل التمددى تزودنا بميكانيكية تحكم عالية الدقة والتي:

١ - توجه رد فعل الانقباض في العضل،

- ٢ - تمتع انقباض العضلات المتضادة،
 ٣ - تعمل دائما على التأكد من انجاح تنفيذ أوامر المخ وتقوم تلقائيا (اوتوماتيكيا) بعمل الانضباطات المعوضة الضرورية بسرعة.

INSTINCTS

٣١-٥. الغرائز

الغرائز هي نماذج معقدة من السلوك وهي، مثل ردود الفعل (الانعكاسات)، فطرية وغير مرنة وذات قيمة في تمكين الحيوان من ملائمة بيئته. وتختلف الغرائز عن ردود الفعل في درجة تعقدها. فكل الجسم يشارك في السلوك الغرائزي وقد يتدخل فيه مجموعة من العمليات المتقنة. وربما يكون السلوك الغرائزي أهم أنواع السلوك في الحشرات، كما تعتمد الأسماك، والبرمائيات، والزواحف والطيور كذلك لدرجة كبيرة على نماذج فطرية وغريزية من السلوك.

وبناء نسيج العنكبوت هو مثل من أمثلة السلوك الغرائزي. فلا بد من القيام بسلسلة من العمليات الطويلة لبناء النسيج، ولكن هذه وبالتالي الشكل النهائي للنسيج، تعتمد كلها على الغريزة. فالعنكبوت يقوم بغزل نسيجه المميز لنوعه حتى ولو لم يتعرض لبناء هذا الشكل المميز للنسيج من قبل. وبناء العش في الطيور هو أيضا مثال من السلوك الغرائزي. حتى ولو أنه لم يسمح له برؤية طائر آخر من نوعه، فإن الطير الناسج (Weaver bird) يبني عشا مميزا للنوع. فالغرائز، عندئذ، تورث تماما كما يورث تركيب الأنسجة والأعضاء (الشكل ٣١-٦).

شكل ٣١-٦: سلوك الهرش

في الكلب وطائر Bullfinch

الأوروبي هو جزء من التركة

الموروثة ولم تتغير بالتدريب

والانتشار الواسع للهرش

بطرف خلفي والذي يمر عبر

طرف أمامي عملية عادية في

أغلب الطيور، الزواحف،

الثدييات. (يتصرف من

رودلف فرويند، سيانتي فيك

أمريكان).

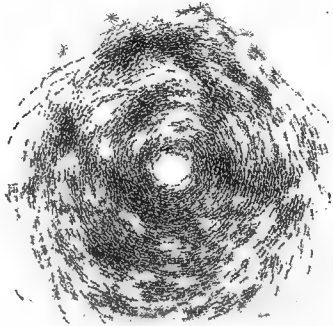


ولقد أمكن توضيح هذه الحقيقة بوضوح تام بتجارب تربية بين الأنواع القريبة من بعضها البعض والتي لها أشكال مختلفة من السلوك الغرائزي. فطائر الحب الأفريقي ذو الوجهة الخوخية (Peach - Faced) يحمل مواد بناء العش إلى موقع العش بغرسها في ريشه. والطائر القريب منه المسمى فيشر طائر الحب يستخدم منقاره لحمل مواد بناء العش. وعند تزاوج هذين النوعين من الطيور، تنتج الذرية (النسل) في حمل المواد بمنقارها فقط. ومع ذلك فإن أفراد الذرية تحاول عن طريق الحركات بمحاولة غرس المواد في ريشها أولاً.

وأمكن توضيح عدم المرونة النسبية في السلوك الغرائزي مع كائنات كثيرة. فنمل الجيش الأفريقي (جنس *Eciton*) أخذ إسمه من مسيرة رعيه (البحث عن غذائه) والتي يسير فيها جميع أفراد المستعمرة على أرض الغابة. وبينما تجعلنا حركة المستعمرة نعتقد أنها تشبه المناورات الحربية المتقنة، لكن في الحقيقة تنشأ تلك التحركات من تداخل فعل ثلاثة عوامل بسيطة؛ (١) التنبيه للتحرك، (٢) ميل كل فرد من أفراد النمل أن يبقى بجوار زملائه متتبعاً الفيرومون الذي أفرزته الأفراد الموجودة في المقدمة، (٣) وجود عوائق أو غذاء في طريق المسيرة. وعند بعض الظروف، تصبح هذه العوامل مريئة بشكل يبدو فيه سلوك النمل وكأنه يظهر حقيقته كسلوك أعمى وغرائزي عن كونه نتيجة دوافع واعية تشبه الحرب. وعلى سطح أملس، كطريق مرصوف، تبدأ أفراد النمل الموجودة في المقدمة في التحرك بعيداً عن السرب، لكن ينتج عن ميلها المتضارب للبقاء مع الجماعة مشيتها في طريق دائري. والأثر (Trail) الكيماوي المفرز يتبعه الآخرون وبسرعة يسير جميع السرب دائرياً ودائرياً في دائرة (الشكل ٣١-٧) وإن لم يقاطع أي عائق المسار الناشيء، يسير النمل بنفسه إلى هلاكه.

وفي أغلب الحالات، ينمى السلوك الغرائزي بقاء النوع. ولإنسان المشاهد، يجعلنا تعقيد وفائدة السلوك أن نظن في وجود منطق وبعد نظر في الحيوان. و فقط عند ظهور حالات غير عادية فإن الطبيعة الحقيقية غير المرنة وغير المفكرة للسلوك الغرائزي تظهر بوضوح.

ويعتمد تنفيذ الغرائز على الأوضاع في البيئة الداخلية للكائن. ففي كثير من الفقاريات، لا يحدث سلوك الغزل والتزاوج إلا إذا كانت هورمونات الجنس موجودة في



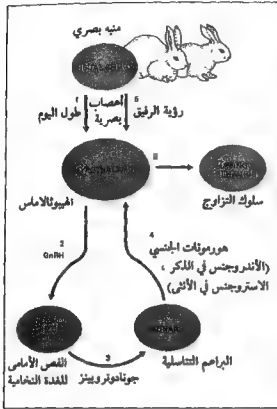
شكل ٣١-٧: علم مرونة السلوك الغرائزي. العمود الدائري لنمل الجيش (Eol-ton) يكون اختيارا واستمر أكثر من ٣٠ ساعة. (بتصريح من دكتور ت. س. شنيرلا، المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي، نوفمبر، ١٩٤٤).

يجرى الدم. والعضو المهدف (المقصود) على الأقل في بعض الحالات يبدو أنه عبارة عن منطقة صغيرة في غدة الهيبوثالاماس. فعند تنبيهها بوجود هورمونات الجنس في مدها من الدم، تبدأ الهيبوثالاماس في الأنشطة المؤدية إلى التلقيح. ويتنظم مستوى هورمونات الجنس في الدم، بدورها، بنشاط الفص الأمامى للغدة النخامية (انظر قسم ٢٧-٩) ويلخص الشكل (٣١-٨) التداخلات التي تجعل حيوانا، مثل الأرنب، في أن يبحث عن رفيقه الجنسي ليلقحه.

٣١-٦. مطلقات السلوك الغريزي

RELEASES OF INSTINCTIVE BEHAVIOR

بمجرد أن يستعد الجسم داخليا لأنواع معينة من السلوك الغرائزي، لابد من الحاجة لمنبه خارجي لبدء الاستجابة. ولقد وجد العالم تينبرجن (N. Tinbergen) والحاظر على جائزة نوبل عام ١٩٧٣م وتلاميذه في جامعة أكسفورد بإنجلترا، أن هذا المؤثر الخارجي لاداعي أن يكون مناسباً كي يكون فعالاً. فأتناء فصل التربية، تتبع أنثى السمكة (Three-spined stickle-back) (الشكل ٣١-٩) عادة الذكر ذو البطن الحمراء إلى العش الذي جهزه لتضع فيه البيض، تتبع الأنثى، على أية حال، أي شيء

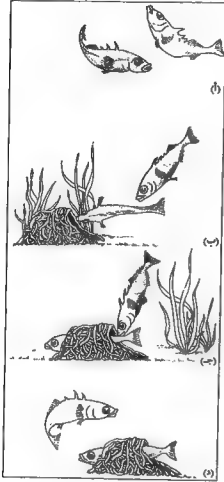


شكل ٣١-٨: التداخل بين
المنبهات الخارجية والداخلية
المؤدية إلى سلوك التزاوج في
الأرنب.

أحمر صغير يقدم إليها. وإذا ما أصبحت بالفعل داخل العش، فلاداعي عندئذ لوجود ذكر أو أي شيء أحمر، كما أن أي شيء يلمسها قرب قاعدة الذيل يجعلها تضع بيضها.

ويبدو أن السمك Stickleback كان معداً داخلياً لكل بند من بنود السلوك واحتاج فقط لإشارة واحدة معينة لأظهار المظهر السلوكي. ولهذا السبب، فالأشارات التي تسبب في بدء الأفعال الغرائزية تسمى المطلقات (Releasers) وبمجرد انطلاق استجابة معينة، فانها تجرى إلى الأكتمال حتى إذا أبعد المنبه المؤثر. ووخزة واحدة أو وخزتين على مؤخرة الذيل تطلق كل الأفعال العضلية المتتابعة المشتركة في إطلاق البيض.

وتعمل الأشارات الكيميائية، أي، الفيرومونات، كمطلقات هامة للحشرات الاجتماعية: النمل والنحل والنمل الأبيض. ويفرز الكثير من هذه الحيوانات عدة أنواع من الفيرومونات والتي تظهر سلوكاً إنذارياً، وسلوكاً تلقيحياً، وسلوكاً تجميعياً، غيرها، في أفراد أخرى من أنواعها (أنظر الشكل ٢٧-١٣).



شكل ٣١-٩: سلوك الغزل في السمك (Stickle backs) يوجه الذكر الأنثى تجاه العش (أ)، ويرشدها للدخلة (ب) ثم ينخسها عند قاعدة ذيلها (ج). وبعد وضع الأنثى للبيض، يسحبها الذكر من العش، ويدخل هو العش بنفسه (د)، يلقي البيض.

وربما يكون أعظم ما إكتشف من المطلقات للسلوك الغرائزي حتى الان هي النجوم اذ دلت تجارب عالم الطيور الألماني ساور (E. G. F. Sauer) أن العصافير المغردة الأوروبية، المهاجرة ليلا، تعرف طريق هجرتها بواسطة النجوم. وهذا في حد ذاته رائع على وجه الخصوص نظرا للحقيقة أنه في الخريف نظير الطيور الصغيرة إلى ماواها الشتوي في أفريقيا بدون آباتها. وبالمساعدة الصبورة من زوجته، أمكن للعالم ساور أن يربي تلك الطيور المغردة كلية بعيدا عن أي فرد من نوعها. (وهذا ليس بالعمل البسيط. اذ أن تلك الطيور تأكل الحشرات فقط، ويستهلك الطائر الصغير عدة دسات منها كل يوم.) وعند حلول الخريف تصبح تلك الطيور الصغيرة المرباه يدويا قلقلة. وعند مشاهدتها لمنظر النجوم داخل مرصد، فانها توجه نفسها نحو المسار الجنوبي الشرقي والذي كان المفروض أن تتبعه. ولو أن أبراج النجوم في حركة واضحة طوال الليل، فان الطيور الصغيرة تكون قادرة على تعويض ذلك وتستمر في الحفاظ على وجهتها المضبوطة.

وأظهرت دراسات تنبرجن وغيره أنه يمكن ترغيب الحيوانات للاستجابة للمطلقات غير المناسبة. وعلى سبيل المثال، فذكر الروبين (Robin) المدافع عن منطقة يهاجم باستمرار قطعة صغيرة من الريش الأحمر من روبيين محشو بالقش والذي ينقصه

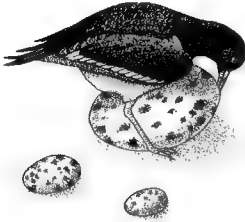
الصدر الأحمر الموجود في الذكور. وقد تكون بعض المنبهات الغير ملائمة اكثر فعالية في الاطلاق (Releasers) عن المنبهات العادية (شكل ٣١-١٠) وينظرة سريعة، يبدو مثل هذا السلوك غير ملائم، لكن يجب أن نتذكر شيئين قبل ابداء الحكم النهائي. الأول، المنبهات الغير مناسبة التي يسببها الطلبة النجباء في دراسة سلوك الحيوان (والذين يطلق عليهم اسم Ethologists ليس لهم من المحتمل وجودها في الطبيعة. والثاني، مقدار تأثير المنبهات التي تبدو وكأنها غير مناسبة في نظرنا والتي تظهر شكلا قاطعا في كل السلوك الحيواني. وتستجيب الحيوانات انتخائيا (Selectively) لأشكال معينة من كل مايتلقاه جسمها بدخلة من الأحساسات التي تستقبلها. وتمضى جميع الحيوانات حياتها وهي متلقية عشرات الألوف من قذائف الرؤية، الأصوات، الروائح، الخ. ولكن عبر مسيرة التطور، نشأ لتلك الحيوانات جهازها العصبي والذي يمكنه ترشيح (Filter) هذا الكم من الأرقام الحسية، ويستجيب فقط لتلك العناصر التي أثبت التاريخ التطوري للنوع أهميتها لبقاء تلك الحيوانات.

٣١-٧. السلوك المنظوم والساعات البيولوجية

RHYTHMIC BEHAVIOR AND BIOLOGICAL "CLOCKS"

الحرص "Urge" أو الدافع لهجرة الطيور في الخريف هو أحد أهم الأمثلة على السلوك الذي يتكرر على فترات محددة، ويوصف مثل هذا السلوك بالسلوك المنظوم أو الدوري. وقد تكون دورات السلوك الدوري قصيرة كالساعتين أو طويلة كالسنة. ويمكننا فار المعمل العادي بمثال للدورة القصيرة جدا، إذ أنه حتى في حالة وجود الطعام طوال الوقت فإن هذا الفأر يتغذى كل ساعتين فقط.

ويغير عدد كبير من الحيوانات سلوكه على أساس يومي، فالحيوانات الليلية، على سبيل المثال، تصبح نشطة كل ٢٤ ساعة، وتفقس ذبابة الفاكهة بأكثر أعدادها عند الفجر. وقد تدعى أن مثل هذا السلوك الدوري هو ببساطة نتيجة استجابة للتغيرات اليومية من الضوء والظلمة، لكن مع ذلك ليست هذه هي الأجابة الكاملة وحتى عندما تكون الحيوانات محفوظة تحت ظروف بيئية ثابتة (مثل، تحت اضاءة مستمرة في المعمل) يستمر الكثير من هذه الدورات وقد تميل تلك الدورات، على أية حال، أن تنحرف لاتجاه أو لآخر، بعبارة أخرى قد تحدث الدورات على فترات كل ٢٣ أو ٢٥ ساعة بدلا



شكل ٣١-١٠ : عامل انطلاق فوق
عادي. فهايك المحاور يحاول أن يربى
بيضه كبيرة بدلا من بيضه (الموجودة في
مقدمة الصورة) أو بيضة طائر الرنجة
(Herring gull) (إلى اليسار) (مأخوذة عن
تسبرجين، ن.، دراسة الغريزة، مطبعة
جامعة أكسفورد، ١٩٥١).

من ٢٤ ساعة بالضبط. ولهذا السبب، فإن مثل هذه الدورات تسمى سركاديات (Cir-cadian) من الكلمات اللاتينية (*circa*) (أي تقريبا و *dies*) (بمعنى يوم. وتحت الظروف الطبيعية من تبادل الليل والنهار، يبقى الكثير من هذه الدورات مضبوطة تماما على دورة ٢٤ ساعة.

والدورات التي مدتها نحو ٢-٤ أسابيع معروفة. ففي قسم (١٧-٣) ناقشنا كيف أن ذكر وأنثى أسماك كاليفورنيا جرانينوز (*California grunions*) تأتي إلى الشواطئ لتبيض في وقت إكتمال القمر وكذلك عند ظهور القمر الجديد، أي على فترات تبلغ نحو الأسبوعين. ويبدو أن هذا السلوك يبدؤه شكل أو مظهر القمر، أو ارتفاع المد (الذي يصل إلى أقصاه عند اكتمال القمر وظهور القمر الجديد). ودورة الحيض في المرأة هي دورة ٢٨-٣٠ يوم والتي لا تعتمد الآن، على الأقل، على مظهر القمر (وهي الآن أكثر منها فسيولوجية سلوكية).

ولا يحدث السلوك التكاثري في أسماك كاليفورنيا جرانينوز خلال كل السنة ولكنة يحدث في الربيع فقط، لذلك فإن دورته التي تحدث كل أسبوعين تكون مركزة على دورة حولية. وتحدث أنشطة حيوانات أخرى على أساس سنوي، الأمثلة القليلة على ذلك هي الاستعدادات للبيات الذي يقوم به الكثير من الحيوانات، وهجرة الطيور، كذلك ابتداء ونهاية السكون في الحشرات. وكما رأينا في حالة سكون الحشرة (أنظر قسم ٢٧-٢) تعتمد هذه الاستجابات عامة على المؤشر الوحيد الذي يعتمد عليه وهو الوقت من السنة: الطول النسبي للنهار والليل. وبعبارة أخرى، فإن أغلب تلك الأنشطة

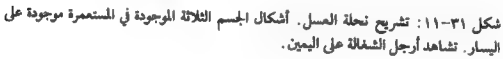
تنظمها التغيرات في الفترة الضوئية .

وتحتاج قدرة الاستجابة للفترة الضوئية على أن يكون للكائن بعض الميكانيكية (الوسائل) لقياس ساعات ضوء النهار أو ساعات الظلمة (يبدو أن بعض الكائنات تقيس ساعات ضوء النهار فقط، والبعض الآخر ساعات الظلمة فقط). وفي كلمات أخرى، لا بد من أن يكون بتلك الكائنات نوع من الساعة البيولوجية. ولو أن طبيعة عمل (ميكانيكية) هذه الساعة غير معروفة حتى الآن فلقد وجد أن الكثير من الأنشطة الفسيولوجية تتذبذب على أساس يومي داخل الأجهزة، الأنسجة، وحتى الخلايا الفردية للكائنات التي لها دورات سركاوية. وربما تكون هذه الدورات السركاوية الداخلية، التي يمكنها الحفاظ على دوريتها بدون الاعتماد على التذبذب في البيئة الخارجية، هي التي تزود عمل الساعة والذي به يمكن قياس الفترة الضوئية.

٣١-٨. دورة حياة نحلة العسل THE LIFE HISTORY OF THE HONEYBEE

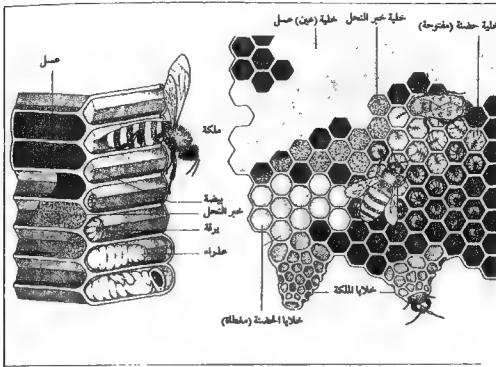
ربما لا توجد أي مجموعة من الحيوانات نشأ لها مثل هذا السلوك المتنوع المنسق كما في مستعمرات الحشرات - النمل، النمل الأبيض، نحل العسل. ولا يوجد متسع في كتاب من هذا النوع ليصف الأنواع المتعددة الدقيقة والرائعة من السلوك الذي تظهره كل هذه الحيوانات، ولكننا سنقوم بدراسة بعض من السلوك الذي تقوم به نحلة العسل المستأنسة، (*Apis mellifera*) (إذا كنت مهتما أكثر بتتبع سلوك بعض المستعمرات في الحشرات الأخرى، يمكنك قراءة مرجع أو اثنين من المراجع المدونة في نهاية هذا الباب إذ ستكون جديرة بالقراءة).

وتدور حياة مستعمرة نحلة العسل حول أنشطة ملكتها (Queen) الوحيدة (الشكل ١٣-١١) فأناء أشهر الربيع والصيف، تمضى الملكة معظم وقتها في وضع البيض في الخلايا (العيون) الشمعية الموجودة في برواز العسل. وتغصب الملكة معظم هذا البيض، قبل وضعة مباشرة في العيون، بإطلاق الحيوانات المنوية من أكياس تخزين (الحوصلات المنوية) والتي كانت ممتلئة عند تلقيحها أثناء طيرانها. يفقس هذا البيض إلى يرقات بعد ٣ أيام، وتعتنى الشغالات (Workers) بتلك اليرقات جيدا وتغذيها لمدة ستة أيام. وعند نهاية تلك المدة، تغطى الشغالات العيون السداسية بالشمع، وتبدأ اليرقات في التطور. وبعد ٣ أسابيع من وضع البيض، تخرج شغالة جديدة، هي أنثى



وفي أوائل الربيع تضع الملكة بيضة مخضبة في كل عين من العيون العديدة الخاصة، وهي عيون الملكات (الشكل ٣١-١٢)، ويتبع عن هذا البيض اناث خضبة احداها ستصبح الملكة المستقبلية في الخلية. وربما يكون سبب المصير المختلف لهذا البيض هو الاختلافات في الغذاء المقدم لليرقات. فاليرقات الصغيرة تغذى بافراز غنى بالبروتين من الغدد اللعابية للنحل البالغ وتركيب الافراز الذي تتغذى عليه اليرقات والتي ستصبح شغالات يختلف عن الافراز الذي تغذى عليه اليرقات الموجودة في عيون (بيوت) الملكات، ويسمى الافراز الأخير بالغذاء الملكي "Royal jelly".

وبذلك تحتوي خلية النحل النشطة العادية على ملكة واحدة، عدة مئات من



شكل ٣١-١٢ : يروا نحلة العسل كما يرى من الأمام (يمين) وفي قطاع (يسار) تنشأ العيون بواسطة الشغالات من الشمع الذي تفرزه غدد في بطون تلك الشغالات .

الذكور، عدة آلاف من الشغالات . وقبل خروج ملكة جديدة، تترك الملكة القديمة الخلية آخذة معها جزءا جوهريا من الشغالات، هذه هي الظاهرة المعروفة باسم التطريد (Swarming) وبعد عدة أيام، تترك الملكة الجديدة الخلية، أيضا ولكن لفترة تكفي لتلقيحها أثناء طيرانها في الجو بعدة ذكور من النحل ثم تعود الملكة إلى الخلية لتبدأ عملية وضع البيض . وتقتل الملكات الأخرى الناشئة إلا إذا كانت الخلية مزدحمة كثيرا وتحتاج إلى خروج أسراب أخرى . ويطلق على ظهور عدة أشكال واضحة مميزة للجسم في نوع من الأنواع اسم تعدد الأشكال "Polymorphism" وفي حالة نحل العسل، فإن كلا من الأشكال المختلفة (الشغالة، الذكور، الملكة) مهيا للقيام بوظائف محددة .

THE WORK OF THE HIVE

٣١-٩ . عمل الخلية

من لحظة خروج الشغالة من خليتها (Cell) (العين السادسة) يبدأ عملها من

أجل المستعمرة . وفي أول ثلاثة أسابيع من حياتها، تبقى الشغالة بداخل أو بقرب الخلية (Hive) ويكون عملها أثناء تلك الثلاثة أسابيع في تتابع محدد كما يلي :

الأيام ١-٣: تقضى الشغالة هذه الأيام في تنظيف العيون السداسية لإعادة إستخدامها، تتغذى الشغالة على مزيج من حبوب اللقاح والعسل والمسمى بخبز النحل (Bee Bread) وتكرر غدها للعابية في الحجم كثيرا .

الأيام ٤-٩: توجه هذه الفترة إلى العناية باليرقات . فأولا تغذى الشغالة اليرقات من الأفراز الغني بالبروتين الذي تفرزه من غدها للعابية، بعد إنكماش تلك الغدة إلى حجمها الطبيعي، تغذى الشغالة اليرقات على خبز العسل بدلا من تغذيتها على إفراز الغدد للعابية .

الأيام ١٠-١٦: تبدأ الغدد الشمعية الموجودة على السطح السفلي للأربع حلقات البطنية الأخيرة في إفراز شمع النحل . وتستخدم الشغالة شوكه الشمع الموجودة على أرجلها الوسطى (على حلقتها الصدرية الثانية) (الشكل ٣١-١١) في فصل صفائح الشمع وتستخدم فكوكها العلوية في مضغ الشمع وتحويله إلى خلايا شمعية جديدة على البرواز .

الأيام ١٧-١٩: أثناء تلك الفترة، تستلم الشغالة الرحيق الذي تحضره الشغالات التي تطير للرعى عند عودتها للخلية وتحوّله إلى عسل وتخزنه في خلايا (عيون سداسية) على البراويز ويتضمن إنتاج العسل تبخير الماء من الرحيق وهضم السكر إلى جلوكوز وفركتوز . وإذا ما أصبح جو الخلية حارا جدا، تستلم الشغالات الماء من الشغالات التي تخرج للرعي (Foragers) وتنتشر على سطح البراويز . ويترويح الماء بأجنتها، فانها - أي الشغالة - تسرع من تبخر هذا الماء وبذلك يصبح جو الخلية الداخلي رطبا . وأثناء تلك الفترة، تبعد اليرقات كذلك أي بقايا (فضلات) (مثل الشغالات الميتة) والتي تكون قد تجمعت في الخلية .

اليوم ٢٠: تقضى الشغالة هذا اليوم في الدوران أمام الخلية ومهاجمة ولدغ أي دخيل . ويمكن للشغالة في الغالب أن تلدغ أية حشرة أخرى وتعيش، ولكن آلة اللسع بها لا يمكن فصلها من الجلد المرن للحيوانات الفقارية، بل تنزع آلة اللسع من جسم الشغالة، محدثة ضررا مميتا لأعضاء بطنها .

وتوجد نقطتان اضافيتان لا بد من ملاحظتهما عن العمل بالخلية . فالتابع الذي تم

ذكره في نقاط محددة قابل للمرونة بعض الشيء . فشغالة النحل تمضى وقتا لا بأس به في الدوران حول الخلية وتحول نشاطها لأصلاح بعض الاحتياجات الخاصة التي تكتشفها . ولو أن النحل مثالي في مشغوليته، فهو في الواقع يمضى نحو ٤٠٪ فقط من وقته في الأنشطة التي سبق ذكرها والوقت الباقي تمضية الشغالة ببساطة في الوقوف دائرة الخلية . وهي تعمل بجهد ولذلك فهي على أية حال ، لا يزيد طول حياتها عن ٦ أسابيع كحشرة بالغه أثناء الصيف والشغالة التي تخرج (تفقس) في الخريف لاعمل لها في الواقع ، ويبقى أكثرها حيا طوال الشتاء .

وبعد ٣ أسابيع في أو قرب الخلية ، تخرج الشغالات في فصل الصيف إلى الحقل كباحثة غذاء (Foragers) لجمع الرحيق وحبوب اللقاح . ويجمع الرحيق في غرفة خاصة (معدة العسل - الشكل ٢٠-٨) بالجهاز الهضمي وتحضره إلى الخلية لتحويله إلى عسل . وترطب الشغالات المذكورة حبوب اللقاح بالرحيق وتحضره في سلاسل حبوب اللقاح الموجودة في الأرجل الخلفية للشغالات (الشكل ٣١-١١) ؛ وحبوب اللقاح هذه المرطبة هي خبز النحل . وجمع الرحيق وحبوب اللقاح حيوى وهام للنباتات كما هو للنحل . وينقل العشوائى لحبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى ، يتسبب النحل في حدوث التلقيح الخلطي للنباتات والذي يتبعه التكاثر الجنسي ونشوء البذور .

٣١-١٠ . أدوات نحلة العسل TOOLS OF THE HONEY BEE

لا يمكن حدوث الأنشطة المعقدة والمتوافقة تماما لنحل العسل بدون مستقبلات حسية ، وأعصاب ، ومؤثرات . فالعيون المركبة الكبيرة وعديدة الأوجه (العوينات) تمدها بكمية لا بأس بها من تمييز الأشكال (الشكل ٣١-١٣) وكذلك من رؤية أربعة ألوان . وتمكن مستقبلات الرائحة ، والموجودة على قرون الاستشعار ، النحلة من التمييز بين مجموعة كبيرة من الروائح بل واكتشاف الضعيف منها أيضا . وبالرغم من ابداء الرأى على عكس ذلك ، فإن قدرة النحلة على اكتشاف والتمييز بين الروائح ربما لا تكون أفضل تكوينا عن قدراتنا نحن . وتحتوي أجزاء جسم النحلة على مستقبلات الذوق ، ويبدو أن النحلة تميز حواس الذوق الأربعة التي نميزها نحن : الحلو ، المر ، المالح ، اللاذع . وبداية احساس النحلة لللاذع والمالح أقل من بداية إحساسنا ، بينما بداية احساس النحلة للمر والحلو أعلى من بداية أحساسنا بها . والبداية العالية نسبيا للحلو

الشكل ٣١-١٣ : مظهر

التمييز في نحل العسل .

يمكن للنحل تمييز أي شكل

في الصف (أ) من أي شكل

من الصف (ب) أكثر سهولة

عن تمييزها عن أي من

الأشكال الموجودة في الصف

(أ) والصف (ب) .



ذات قيمة للنحلة إذ أنها تمنعها من جمع الرحيق المخفف جدا والذي يمكن تحويله بكفاءة إلى عسل .

والجهاز العصبي للشغالة في نحلة العسل منظم جدا لاستقبال المعلومات من المستقبلات الحسية وتوفيق عمل العضلات التي تحكم الأرجل، الأجنحة، أجزاء الفم .

وأرجل نحلة العسل أكثر بكثير من مجرد أرجل للمشي، فهي أعضاء عالية التخصص لتجعل النحلة تستطيع القيام بالعديد من الأعمال .

فالأرجل الأمامية بها شعر ناعم (فرشة العين) على الساق (الشكل ٣١-١١) . وكما يوضح الاسم ، تستخدم فرشة العين في ابعاد حبوب اللقاح وكذلك البقايا الأخرى من الأعين . وتتكون فرشة حبوب اللقاح والموجودة على الحلقة الأولى من الرسغ من أشواك جافة نوعا وتستخدم في تنظيف حبوب اللقاح من على شعر الجسم وتحتوي الحلقة الأولى من الرسغ كذلك على تجويف (Notch) حيث يمكن للنحلة أن تضع فيه قرن استشعارها ، ثم عندما تلوي النحلة رجلها يقوم خطاف (Spur) موجود على الساق بمسك قرن الأمتشعار في التجويف بينما تنظف النحلة قرن استشعارها من حبوب اللقاح وغيرها في حركة ماسحة . ويطلق على الجهاز بأكمله جهاز تنظيف قرن الأمتشعار .

وتحتوي الحلقات الرسغية الأولى في الأرجل الوسطى ، أي أرجل الحلقة الصدرية الثانية ، كذلك على فرش حبوب اللقاح . علاوة على ذلك ، تبرز شوكة شمعية لأسفل من الساق تستخدم لكشط صفائح للشمع من على غدد الشمع .

وكل رجل خلفية، أو رجل الصدر الخلفى، تحتوي على أمشاط حبوب اللقاح على السطح الداخلى للحلقة الأولى من حلقات الرسغ، كذلك على جامع وضغط Paking وذلك في الفاصل الموجود بين الساق وحلقة الرسغ الأولى. وتوجد سلة حبوب اللقاح على السطح الخارجى لساق الرجل الخلفية المذكورة. وتجمع الأمشاط حبوب اللقاح من فرش حبوب اللقاح في الأرجل الأخرى، ثم بواسطة الأشواك الجافة (Pecten) لجامع حبوب اللقاح لأحد الأرجل، تبعد النحلة حبوب اللقاح من أمشاط حبوب اللقاح في الرجل المقابلة. وفرد الرجل يجبر عندئذ القاعدة (Auricle) ذات الشكل السندانى على الارتفاع لأعلى ضد حبوب اللقاح المسوكة تحت الأشواك الجافة وتضغط حبوب اللقاح خلال المفصل ولأعلى إلى داخل سلة حبوب اللقاح الموجودة على السطح الخارجى للساق.

كل هذه المناورات تقوم بها النحلة في الفترة البسيطة التي تستغرقها عند الطيران من زهرة إلى أخرى. وعندما تكثر حبوب اللقاح، تكون الكمية المحمولة في سلال حبوب اللقاح بالفعل كبيرة (الشكل ٣١-١٤).

وأجزاء فم نحلة العسل (أنظر في الشكل ٢٠-٨) متخصصة جدا ويمكن النحلة من تناول المواد اللازمة لحياة المستعمرة. فالفكوك العليا تستخدم في مضغ الشمع لصنع المزيد من شمع الأساس (برواز الشمع). وتتحوّل الفكوك السفلى والشفية واللسان كلها لعمل خرطوم طويل لامتصاص الرحيق من مخازن الرحيق في الأزهار.



الشكل ٣١-١٤ : شفالة
نحلة العسل تطير للبحث
عن حبوب اللقاح. لاحظ
سلال حبوب اللقاح المتلة
على أرجل الحلقة الصدرية
الثالثة. (بتصريح من و.
ت. ديفيلسون، جمعية
أودوبون الوطنية).

٣١-١١. الاتصال بين نحل العسل :

COMMUNICATION AMONG HONEY BEES

ان طريقة الحياة في مستعمرات تعول كثيراً على المسكن . فالخلية هي مركز النشاط ومهما ذهبت الشغالة بعيدا في الحقول فانها تعود إلى خليتها بالذات . وباعتبار أن النحل قد يطير للبحث عن الغذاء عدة أميال بعيدا عن الخلية ، لابد وأن يكون هذا النحل ملاحا جيدا ليجد طريق العودة بنجاح . ويكل تأكيد ، فالنحل يملك قوة رؤية جيدة لكى يستطيع الطيران مستعينا بعلامات أرضية واضحة ، والدليل يؤكد أنهم يستطيعون ذلك . ولقد تبين أن أغلب الباحثات عن الغذاء (Foragers) على أية حال ، لا يتركون الخلية الا بعد أن يكون قد تم اكتشاف الغذاء بالفعل بواسطة أفراد النحل الكشافة (Scout bees) وبمجرد أن تمجد الكشافة الغذاء ترجع إلى الخلية ، وبعد ذلك بقليل ، يترك الرعاة الخلية ويطيرون مباشرة إلى مصدر الغذاء . والشئ العجيب في هذا السلوك ، هو أن الرعاة لا يتبعون الكشافة عند عودتهم ثانية إلى غذائهم المكتشف ، وبدلاً من ذلك فانهم يطيرون إلى مصدر الغذاء بينما تكون الكشافة مازالت بداخل الخلية . ويتطلب ذلك شيئين : الأول ، لابد من أن يكون النحل الراعي قد علم بطريقة ما كيف يمكنه تحديد مصدر الغذاء ، والثاني ، لابد من أن يعرف النحل الراعي بعض وسائل الملاحه فوق منطقة غير معروفة له من قبل عند تتبعهم لتلك التعليمات التي أخبر بها عن طريق الكشافة .

وتم اكتشاف كيفية اتصال النحل الكشاف بالنحل الراعي وكيفية ملاحه (طيران) النحل الراعي فوق مناطق غير معروفة له من قبل بواسطة عالم الحيوان الألماني كارل فون فريش (Karl von Frisch) وخلال كل حياة العلمية درس هذا العالم بصبر وقام بأجراء التجارب مع نحل العسل واكتشف الكثير من الحقائق عن حياة النحلة والتي نناقشها الآن .

وبترقيمة للنحل الكشاف بالألوان ومراقبته لهم عند عودتهم إلى خلية ملاحظة (الشكل ٣١-١٥) ، اكتشف فون فريش أن الكشافة تؤدي رقصة صغيرة على السطح الرأسي للبرازيس بعد أن تضع حملها من الرحيق أو حبوب اللقاح في العيون السداسية للبرازيس . ويبدو أن هذه الرقصة تنبه الرعاة ويسرعه يبدأ هؤلاء في ترك الخلية والطيران

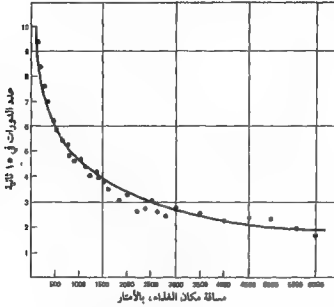


الشكل ٣١-١٥: وضع لون
على التحل السارح حيث
يمكن تمييزها عند عودتها إلى
خلية المراقبة (بتصريح من
دكتور م. ريش).

إلى مصدر الغذاء. وإن لم يكن مصدر الغذاء قريبا (أقل من ٧٥ مترا) من الخلية،
ترقص الكشافه رقصة تسمى هزة الذيل Tail wagging (الشكل ٣١-١٦). ولم يأخذ
ذلك من فون فريش طويلا للتأكد من أن السرعة التي يؤدي بها إكتشاف هذه المناورة
ترتبط بمسافة مصدر الغذاء عن الخلية (الشكل ٣١-١٧)؛ بل إكتشف أن الكشافه
تعوض من سرعة الرياح. وعلى أية حال، لم تكن معرفة وجود الغذاء على مسافة ٦
كيلومتر من الخلية مفيدا في شيء إذا اعتبرت اضافة المدار الطويل. ولكن لاحظ فون
فريش أيضا أن اتجاه الرقصة يختلف باختلاف اتجاه منطقة هز الذيل مع اتجاه مصدر الغذاء من

شكل ٣١-١٦: يسار:
الرقص الدائرى للنحلة
يستخدم عند وجود الغذاء
قريبا من الخلية. يمين رقصة
هز الذيل تستخدم عندما
يكون الغذاء أبعد من ١٠٠
مترا من الخلية. وتدل سرعة
الرقصة تماما عن مسافة بعد
الغذاء، واتجاه المنطقة
القائمة (المعتلة) تدل في أي
اتجاه يوجد الغذاء.



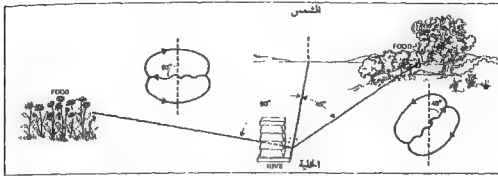


شكل ٣١-١٧: رسم
بياني يوضح العلاقة بين
مسافة منبع الغذاء
وسرعة رقصة هز الذيل
في نحلة العسل (٣٨٨٥)
ملاحظة).

الخلية ومع الوقت من النهار. فعند وقت محدد من النهار، يتغير إتجاه الرقصة باختلاف موقع الغذاء. وبمصدر ثابت من الغذاء، يتغير إتجاه الرقص بنفس الزاوية التي تصنعها الشمس أثناء مرورها عبر السماء. ويدل هذا على أن النحل الكشافه يحدد إتجاه مصدر الغذاء بالنسبة إلى إتجاه الشمس. والشمس تكون غير مرئية في الخلايا العادية، على أية حال، مع ذلك يرقص النحل على السطح الرأسى للبراويز. كيف، إذن، يمكن للكشافه ترجمة زوايا الطيران في داخل الخلية المظلمة ؟ فإذا ما كان مصدر الغذاء في نفس الإتجاه مع الشمس فإن الكشافه توجه الجزء المستقيم من رقصة هز الذيل لأعلى ولأسفل مع رؤوسها مشيرة لأعلى وكأنها تترجم تكليف الصورة (Photo-taxis) الموجب إلى تكليف جغرافى (Geotaxis) سالب. وإذا ما كان مصدر الغذاء يقع على زاوية تميل بعض الشيء إلى اليمين أو إلى اليسار بالنسبة إلى الشمس، فإن الكشافه ترقص على نفس الزاوية إلى يمين أو إلى يسار الخط الرأسى (الشكل ٣١-١٨).

وتتجمع أفراد النحل الرعاة حول الكشافه الراقصة وغالبا ما تتعلم منها إتجاه وبعد الغذاء بتلك الوسيلة. وإذا ما كان الغذاء ذو رائحة، فإن الرعاة تتعلم كذلك ماهي الرائحة التي تبحث عنها. وبذلك فإن لغة النحل تمكن النحلة من القول للآخرين: (١) أن الغذاء ميسر، (٢) إتجاه الغذاء، (٣) المسافة إلى الغذاء، (٤) رائحة الغذاء.

وإذا ما بقى النحل الراقص بداخل الخلية لمدة طويلة، فإنه يغير إتجاه رقصه كلما

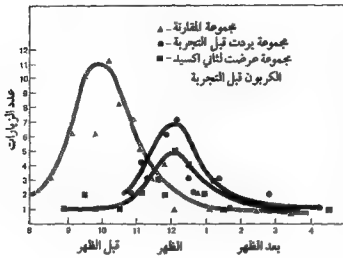


شكل ٣١-١٨: العلاقة بين زاوية الرقص على البرواز الرأسى وموقع الشمس بالنسبة إلى موقع الغذاء. وإذا كان الغذاء والشمس في نفس الاتجاه للمنطقة المستقيمة من الرقصة توجه لأعلى. وإذا كان الغذاء على زاوية يمين (أسود) أو يسار (ملون) الشمس، يوجه النحل للمنطقة المستقيمة من الرقصة إلى نفس الزاوية يمين أو يسار الاتجاه الرأسى.

تغير إتجاه الشمس. تذكر، مع ذلك، أن النحل الراقص لا يمكنه مشاهدة الحركة الظاهرية للشمس وهو موجود بداخل الخلية. وهذا يجعلنا نعتقد بأن النحل الراقص يمكنه عمل التصحيحات اللازمة لأنه على دراية "Aware" بمرور الوقت. وهذه الحقيقة كانت معروفة منذ وقت طويل للأفراد الذي يرغبون في تناول الشاي مع الخبز المقدد والمربي في حدائقهم عند وقت معين كل يوم. وفي خلال دقائق من الساعة المحددة، تصل أفراد النحل الرعاة في أعداد كبيرة لتشارك في تناول المربي. وهنا، عندئذ، يوجد مثل آخر من أمثلة الساعة البيولوجية والتي يبدو أن معدل دقتها (Tick-Ing) ينطبق مع معدل التمثيل الغذائي للنحل. وإذا ما تعرضت للبرودة (Chilled) مجموعة من النحل المواظب (للتقليل من معدل تمثيلة الغذائي) أو تعرضت لتركيزات تحديرية من ك ٢١ فان هذا النحل يصل إلى طاولة الشاي متأخرا تبعا للتأخير بسبب التحذير أو بسبب البرودة (الشكل ٣١-١٩).

والاكتشافات المذكورة التي قام بها فون فريش سهلة الوصف. ومثل أغلب الاكتشافات العلمية، فهي ثمرة سنين من العمل الدؤوب والتجارب المرسومة بذكاء والنتائج المدونة بعناية. ولأخذ فكرة أفضل عن طريقة الاكتشاف العلمي الحقيقية، فالواجب عليك قراءة مذكرات فون فريش (المدونة في نهاية هذا الباب عن سلاسل التجارب الطويلة التي أدت به إلى مكتشفاته الكثيرة المتعلقة بسلوك النحل).

وعندما يتعلم الناس أولا عن السلوك المتقن لنحل العسل، فانهم يقدررون هذه



الشكل ٣١-١٩: تأثير التبريد والتعرض لثاني أكسيد الكربون على الشعور بالوقت في نحل العسل. يبطئ التبريد وثاني أكسيد الكربون معدل التمثيل الغذائي في تلك الحيوانات. وكل مجموعة غذيت بين الساعة ١١،٩ قبل الظهر لمدة ٤ أيام قبل التجارب.

المخلوقات الصغيرة ذات الذكاء الكبير وبعد النظر وغير ذلك. وفي الحقيقة، لا يكون ذلك صواباً، طالما أن أغلب سلوكهم هو غرائزى وبذلك يكون نسبياً غير قابل للمرونة. وبداخل حدود ضيقة معينة، على أية حال، يمكن للنحل أن يغير هذا السلوك. وإذا ما كان السلوك على الدوام محورياً نتيجة تجارب الكائن، فإنا نقول أنه حدث تعلم (Learning) وعلاقة النحل بالغذاء في مكان معين أو برائحة معينة أو بوقت معين من اليوم هى أمثلة من التعلم.

LEARNED BEHAVIOR

السلوك التعليمي

السلوك التعليمي هو سلوك أصبح دائم الوجود في الكائن أو يكون قد حول نتيجة لتجارب الفرد.

HABITUATION

٣١-١٢: التطبع

تستطيع جميع الحيوانات تقريباً أن تتعلم عدم الاستجابة للمنبهات المتكررة والتي يثبت أنها غير ضارة. وتعرف هذه الظاهرة بالتطبع وهي مثل حقيقي للتعلم. فإذا ما أصدرت صوتاً غير عادي في حضور كلب الأسرة، يستجيب الكلب - عادة باستدارة رأسه تجاه مصدر الصوت. ومع ذلك إذا تكرر هذا الصوت - المنبه - ولم يحدث شيء آخر سار أو غير سار للكلب، يتوقف الكلب أخيراً عن الاستجابة. هذه هي حالة تعلم حقيقي وليست ببساطة نتيجة تأقلم المستقبلات الحسية، الدلالة على ذلك حقيقة أن

الاستجابة تكون طويلة البقاء (الاستمرارية). وعندما يتطبع الحيوان نهائيا، فانه لن يستجيب للمنبه حتى بعد مرور أسابيع أو أشهر من آخر مرة قدم فيه المنبه للحيوان.

IMPRINTING

٣١-١٣. التعمود

إن أحد أكثر الأمثلة المحددة وشديدة التخصص في التعلم هو التعمود. فإذا ما تعرض أوز صغير حديث الفقس لشيء متحرك متوسط الحجم ويصدر صوتا مناسباً، يبدأ الأوز الصغير في تبعية تماماً كما يفعل عندما يتبع أمهاته طبيعياً ويسمى هذا تعوداً. ووقت التعمود حرج ، فبعد الولادة بأيام قليلة لا يحدث التعمود، وقبل هذا الوقت ، مع ذلك، تكون النتائج باهرة. فالأوز الصغير الذي تعود على صندوق متحرك أو على رجل يحدث فرقة يسبق الآخرين في محاولة للبحث عن هذا الشيء طوال بقية حياته. وفي الحقيقة، عندما يصل الأوز إلى نضجه الجنسي فانه يجعل من الشيء المطبوع ، بدلاً من أحد أفراد نوعه هدفاً لطموحه الجنسي. والكثير من معلوماتنا عن التقليد كان نتيجة الأبحاث الدوائية التي قام بها العالم كورنارد لورنز (الشكل ٣١-٢٠).

٣١-١٤. الاستجابة المشروطة THE CONDITIONED RESPONSE

ربما يكون أبسط أشكال السلوك التعليمي هو الاستجابة المشروطة، وهي أساسا استجابة والتي، نتيجة تجربة، تصبح وكأنها متسببة عن منبه يختلف عن المنبه الأصلي الذي بدأها. ونحن ندين في فهمنا لميكانيكية (وسيلة) الاستجابة المشروطة لأبحاث عالم الفسيولوجيا الروسي إيفان بافلوف (Ivan Pavlov). فلقد وجد إيفان بافلوف أن وضع الطعام في فم كلب يجعله يفرز لعابه، ربما يكون هذا انعكاسا بسيطا غرائزيا تشترك فيه براعم الذوق والخلايا العصبية الحسية وشبكات من الخلايا العصبية في المخ وخلايا عصبية موصلة تجري إلى الغدد اللعابية. وزيادة على ذلك وجد بافلوف أنه إذا دق ناقوس في كل مرة تقدم فيها وجبة غذائية إلى فم الكلب، يفرز الكلب بالتالي اللعاب كلما سمع صوت الناقوس بمفرده، هذه هي الاستجابة المشروطة.

ونحن نفترض أن الأساس الفسيولوجي للاستجابة المشروطة هو نقل، بواسطة الخلايا العصبية المناسبة، النشاط العصبي في المنطقة السمعية للمخ إلى الخلايا



شكل (٣١-٢٠): كونراد لورنز (Konrad Lorenz) مع وز صغير مقلد. في عام ١٩٧٣، شارك لورنز جائزة نوبل مع تينبرجن (Tinbergen) كارل فون فريش. (توم ماك ألقى) بتصريح من مجلة لايف، (٢) ١٩٥٥، تايم.

العصبية الموصلة المتحكم في افراز اللعاب. وتشرك هذه العملية استخدام دوائر جديدة والتي، تجعلنا نفترض ايضا أنها مميزة لكل أشكال التعلم. وفي الحقيقة، يشعر بعض علماء الفسيولوجيا أن كل السلوك التعليمي ينشأ من نشوء الاستجابات المشروطة، يشعرون ايضا أن الاستجابة المشروطة هي الوحدة الأساسية حتى لكل الأشكال المعقدة جدا للسلوك الأنساني. وبينما لازالت معلوماتنا عن الطرق العقلية الأعلى في أجسامنا فقيرة جدا لقبول أو رفض هذه النظرية مباشرة، فليس هنا شك في أن الإنسان يمكن أن يكون مشروطا لحد ما.

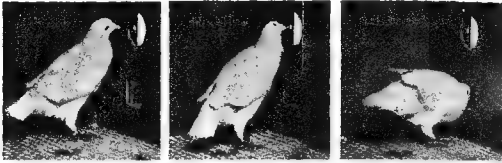
ولقد علمتنا التجارب عن التكيف conditioning الكثير عن طرق التعلم في الإنسان. ويحدث التكيف بسرعة أكثر (١) عند تقديم المنبه المشروط والمنبه الغير مشروط سوياً وتكرار، (٢) عندما لا يكون هناك أي تشتت، (٣) إذا ما أعطيت جائزة بصورة من الصور عند نجاح القيام بعملية الاستجابة المشروطة. ومشابها لذلك، كما

يعرف كل طالب ، يتقدم التعلم بنجاح أكبر مع التكرار ونقص التشتت ووجود دافع قوى .

ولقد أثبتت الاستجابة المشروطة أنها وسيلة ممتازة لتحديد القدرات الحسية للحيوانات الأخرى . وكما رأينا في الشكل (٢٨-١٥) ، يمكن تدريب نحل العسل في البحث عن الغذاء على قطعة من لوح الورق المقوى ، فيتعلم النحل أن يربط اللون الأزرق بوجود الطعام ، هذه هي إستجابة مشروطة . ويتقديم ألوان أخرى للنحل المشروط باللون الأزرق ، يمكننا أن نكتشف النحل الذي يختلط عليه اللون الأزرق والنحل الذي لا يختلط عليه . وبهذه الطريقة ، صمم كارل فون فريش (الذي تقاسم مع لورنز ، تنبرجن عام ١٩٧٣ جائزة نوبل) على أن نحل العسل يمكنه أن يرى فقط أربعة ألوان مميزة هي : الأصفر - المخضر ، الأزرق - الأخضر ، الأزرق - البنفسجي ، الفوق بنفسجي . ولقد تمت دراسة قدرة الحيوان على التمييز بين الأشكال المشابهة والنفحات الموسيقية المشابهة عن طريق وسائل التشریط .

١٥-٣١ . التكيف الجهازى (الالى) INSTRUMENTAL CONDITIONING

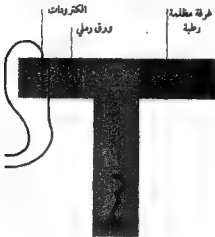
كان كلب بافلوف محجوزا في مكان واحد وكانت الاستجابة المشروطة (افراز اللعاب) غريزية ، ولكن يمكن أيضا استخدام أسس التكيف في تدريب الحيوانات لأداء أعمال ليست غريزية . وفي هذه الحال ، يوضع الحيوان في مكان حيث يمكنه التحرك وينشغل في عدد من الأنشطة السلوكية المختلفة . ويختار من يقوم بالتجربة أن يكافئ الحيوان على نشاط واحد فقط - وعلى سبيل المثال الاتجاه إلى اليسار . وبأول مكافأة (مثل اعطاء الحيوان قطعة من الطعام) حتى مع أقل حركة إلى اليسار ثم فقط عن الدوران الكامل يمكن لمدرّب ماهر أن يدرّب حمامة ساذجة في خلال دقيقتين تقريبا على عمل دورة كاملة . ويجهد أكثر قليلا يمكن للحمامة أن تميز الرقم ٨ . ويعرف مثل هذا التدريب بالتكيف الجهازى (Instrumental Conditioning) أو التكيف التشرىيحي (Operant Conditioning) (الشكل ٣١-٢١) . والأسم الأخير مستخدمة عالم الفسيولوجيا سكينر B. F. Skinner والتي مكنته مهارته في التكتيك في أن يدرّب الحمام على لعب كرة الطاولة Ping-pong وحتى على اللعب على بيانو لعبة لأن هذا يدل على أنه عن طريق سلوكه يعمل الحيوان على بيئة ، أي ، أنه يؤثر على موقعة .



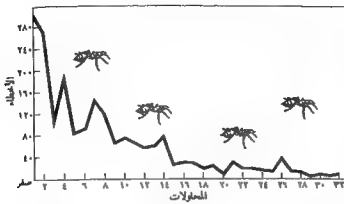
شكل ٣١-٢١: التكيف الجهازى يمثل ببقعتين من الضوء، تلتقط الحماة عند الضوء الأسطع ثم تصل لأسفل لالتقاط حبوب الطعام كمكافأة لها. (بصريح من روى دي كارافا، سيانتيفيك أميركان).

ويسمى التشريط الجهازى كذلك بتعلم المحاولة والخطأ لأن الحيوان يكون حرا في محاولة الاستجابة المختلفة قبل أن يجد أستجابة واحدة يكافأ عليها.

ومشاكل لعبة الحيرة (Maze problems) هي نوع من التكيف الجهازى الذي يواجه فيها الحيوان بمتغيرات متتالية. فكل الحيوانات المتجانسة بالنسبة للجهاز العصبي تمكنها أن تتعلم القيام بأداء بعض الاختبارات البسيطة المتناسقة عند مجابته بالبدايل. ففي لعبة حيرة على شكل T (شكل ٣١-٢٢) يمكن للدودة أرض أو حيوان بلاناريان أن يتعلم بالتدريج على أن يأخذ ذراع لعبة الحيرة الذي يؤدي إلى مكافأة (مثل غذاء، رطوبة)، أو يبعد الحيوان عن عقاب (مثل ورق رملي، صدمة كهربائية). ونشوء تلك الاستجابة هي طريقة بطيئة، على أية حال، لاتصل مطلقا إلى نقطة ١٠٠٪ من الاختيارات الصحيحة. ومن الطريف جدا أن دودة الأرض تتعلم كيف تحل لعبة الحيرة



شكل ٣-٢٢: رسم عبر على شكل حرف T. يمكن للدودة الأرض أن تتعلم الاختيار الصحيح خلال ٩٠٪ من الوقت.



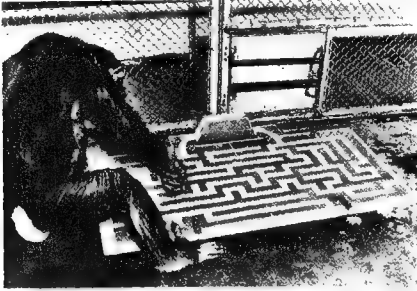
شكل ٣١-٢٣ : تعلم المحاولة والخطأ في النمل .

هذه حتى بعد إبعاد عقد نخها، ولكن بمجرد إبعاد عقد المخ، تنسى الدودة ما تعلمته سابقا ولا بد من إعادة تدريسها. والنمل والفئران تعتبر من الكائنات التي تحل لعبة الحيرة ببراعة. ويحتاج النمل لنحو ٢٨ محاولة لحل لعبة الحيرة التي ترى في الشكل (٣١-٢٣). وبالنسبة لجوليا (Julia) (الشكل ٣١-٢٤)، فهي تستطيع أن تحل لعبة الحيرة مثل تلك التي شاهدها في محاولتها الأولى أغلب الوقت (بنسبة ٦٨٪) وأحيانا أسرع مما يستطيعه الطلبة الذين يقومون بدراسة علم الأحياء.

MOTIVATION

٣١-١٦ . الحافز

إن أي فرد حاول تدريب حيوان على طريقة من الطرق، مثل حل لغز لعبة الحيرة (Maze) التي تحتاج من الحيوان أن يشترك بنشاط فيها في عمل اختبارات، يعرف أنه يمكن أن تكون المحاولة مزعجة. وطالب الفسيولوجيا عرضة في أن يجد أنه عند احضار فأر ولعبة الحيرة المجهزة حديثا مع بعضها البعض، فإن الفأر ببساطة يتكرر في أحد أركان اللعبة. والمشكلة الرئيسية هنا هي الحافز. فالحيوان لابد من أن يريد الاشتراك في عملية التعلم. وبين أغلب الحيوانات، فإن الحافز (أو الرغبة Drive كما تسمى أحيانا) مرتبط بالاحتياجات الجسمية، فالحيوان العطشان يبحث عن الماء والحيوان الجوعان يبحث عن الطعام. والتدريب المثالي (Standard) على سبيل المثال، أن تحرم الفأر من الغذاء لمدة ٢٣ ساعة قبل استخدامة في التكييف الجهازي (عندما تكون الجائزة بطبيعة الحال هي الطعام).



شكل ٣١-٢٤: جوليا، شميانزي، تستخدم مغناطيس لتحريك حلقة جديدة خلال لعبة الحيرة (Maze) ولو أن طلبة علم الأحياء (البيولوجيا) غالبا يحلوا اللعبة أسرع مما تفعله جوليا. وهذا ليس الحال دائما. (بتصريح من ب. رنسن).

والإقناع (الرضى) بحوافزه هو الحافز الدافع وراء السلوك الحيواني. وفي بعض الأوقات، يمكن أن يكون الدافع الداخلي هام جدا. فالفأر الذي ينقصه السكر أو الملح أو حتى الثيامين في طعامه، يقوم بالبحث عن طعام يحتوي على المواد الناقصة إذ أنه يفضل على الطعام الذي تنقص فيه تلك المواد. وربما يمكننا أن نذهب بعيدا ونقول أن معظم السلوك التلقائي لتلك الحيوانات ينتج عن المحاولة للحفاظ على توازن وظائف سوائ الجسم (الهوميوستازيس Homeostasis) وكثير من تلك الدوافع لها منشؤها في غدة الهيبوثالاماس. وفي بعض الحالات (العطش، على سبيل المثال) نكتشف الهيبوثالاماس بالفعل النقص في ECF. وفي كل الحالات، يبدو أن الهيبوثالاماس تبدأ الاستجابات التي تؤدي إلى إقلاق الحافز وقد تمتع كذلك بعضا من تلك الاستجابات عند الوصول إلى نقطة الرضى (الإقناع).

وبينما يمكننا تتبع الكثير من سلوك الإنسان في رغبته لأشباع احتياجاته الجنسية، إلا أنه لا يمكن تفسيرها جميعا بمثل هذا لأسلوب. والكثير من الأشياء التي نفعلها، يبدو أننا نفعلها لأجل خاطرها. فلقد وجد أن الماعز والقردة والشبانزي كذلك تشغل في حل المشاكل بنشاط حتى ولو لم يكن هناك أي مكافأة خارجية أو أي عقاب (الشكل



شكل ٣١-٢٥: حب
الاستلاح في فرد. يحمل الفرد
الضرورة تكراريا بدون أي
حافز آخر غير الذي يسببه
العمل نفسه. (بصريح من
ميرون ديفيز، سيانتيغيك
أمريكان).

٣١-٢٥) ويبدو أن القيام بالعملية نفسها وكأنه هو المكافأة لنفس الحيوان .

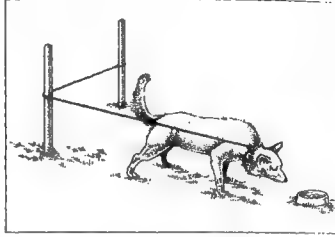
وتعتبر الشمبانزي والآنسان غير عاديين أيضا في أن كلا منهما يعمل لأهداف بعيدة . فكلا الشمبانزي والآنسان يمكنهما التعلم للحصول على نقود (كمكافأة) بالرغم من أن النقود لا تشبع أي إحتياج جسماني . وطبيعة الحال يمكن تحويل النقود إلى الطعام ، هذا التوقع يزود الحيوان أو الآنسان بالدافع الكافي لفترة قصيرة من العمل في حالة الشمبانزي والعمل طوال العمر في حالة الآنسان .

CONCEPTS

٣١-١٧ . التصور (الأدراك)

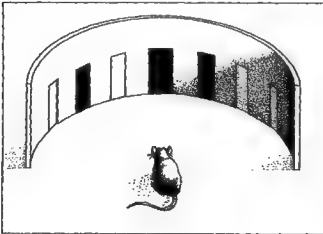
تقوم أغلب الحيوانات بحل ألغاز لعبة الحيرة (Maze) وغيرها من المشاكل بالمحاولة والخطأ . وظالما يوجد دافع أو حافز كاف ، فإن تلك الحيوانات تجرب كل بديل والتدريب ، عن طريق النجاح والفشل المتكرر ، تتعلم كيف تحل المشكلة (الشكل ٣١-٢٦) . وعلى أية حال ، يلعب التعلم عن طريق المحاولة والخطأ دورا غير مهم في الآنسان . فعند أية مشكلة ، قد نقوم بمحاولة أو بمحاولتين عشوائيتين لحلها ثم ، فجأة ، نجد لها الحل ، وتسمى مثل هذه الاستجابة فراسة (Insight) (أحيانا يطلق عليها رد الفعل أها Aha) .

وتختلف الاستجابات التي توجد كنتيجة لبعء الرؤية (أو الفراسة) كلية عن أي شيء



الشكل ٣١-٢٦: مشكلة
ديتور (Detour) كلب في
النهاية يحل المشكلة بالمحاولة
والخطأ.

اعتدناه حتى الآن. فبينما هي تعتمد على مواد سبق تعلمها، فهي استجابة جديدة كلية للفرد. وتحتاج الفراسة إلى وضع أشياء مألوفة مع بعضها البعض في طرق جديدة، وهي بذلك تكون قد أدت عملاً خلاقاً بحق. ويعتمد بعد الرؤية كذلك على نشوء تصورات أو أساسيات، ويمكن توضيح ذلك بتجربة تصورية (الشكل ٣١-٢٧). فإذا ما وضع فأر أمام أبواب نصف دائرية ويفتح ثلاثة منها في وقت واحد، ومهما كان أي من الأبواب هو التي سيفتح، إذا دخل الفأر من الباب الذي على اليمين أو الباب الذي على اليسار فإن هذا الفأر سينال صدمة، لكن إذا ما دخل الفأر من الباب الأوسط سيجد مكافأة من الطعام. وإذا ما حدث وتعلم هذا الفأر أن يذهب مباشرة إلى الباب الأوسط (حتى إذا أدى هذا الباب إلى حدوث صدمة كما في المحاولة السابقة) فإن الفأر يكون قد تعلم تصوراً أو إدراكاً (Concept)، وفي هذه الحالة، يكون التصور هو فكرة الوسط Mid-



شكل ٣١-٢٧: إذا أمكن
لفأر أن يتعلم دائماً أن
يذهب إلى وسط أحد ثلاثة
أبواب حدث وكانت
مفتوحة، لقد تعلم أن
يتصور (يدرك). ولو أن
شيمبانزي يمكنه حل مثل
تلك المشكلة بسهولة والفأر
لا يمكنه.

ness ويكون الفأر غير متسجيب لأي مؤثر معين صلب ولكنه مستجيب لفكرة .
وبتجارية مع أبواب معينة يكون الفأر قد كون فكرة عن الأبواب عموما .

وفي الحقيقة ، قد يفشل الفأر في هذا الاختبار ، إذ أن الفئران وأغلب الحيوانات عندها مقدرة قليلة أو ليست عندها القدرة بالمرة على عمل تعميم مبهم عن أشياء معينة . ويمكن للأنسان أن يحل مثل هذا النوع من المشاكل بطبيعة الحال ، والشيمبانزي قادرة أيضا على تكوين أفكار مبهمة ، ويمكن للقرود والفيلة أن تحل المشاكل البسيطة التي تطوي على شيء من الغرابة (الشكل ٣١-٢٨) .

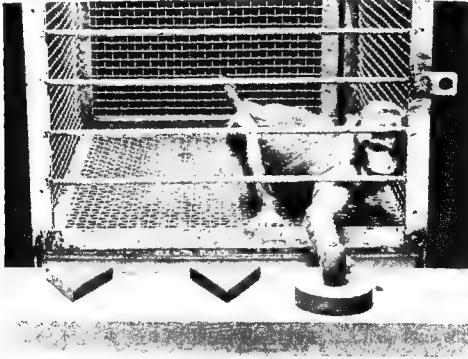
وحل المشاكل من النوع الموضح بوضع الفأر أمام أبواب نصف دائرية يتدخل فيه شكل من أشكال التفكير . فالشيمبانزي ، التي يمكنها حل هذه المشكلة . ربما تفكر بدون مساعدة اللغة . وبالرغم من ذلك فهناك طريقتان مختلفتان للتفكير ولكن لهما علاقة ببعضهما البعض ومتداخلتان في حل المشكلة . إحداهما هي التفكير الاستدلالي (Inductive) والذي يتطلب تعلم القاعدة العامة (الوسط) من التجربة مع موقف معين صلب . والثانية هي التفكير التزيلي (الاستقاضي) (Deductive) والذي يتطلب تطبيق القاعدة العامة على بعض المواقف الجديدة الخاصة . وإذا ما كان للشيمبانزي لغة ، فقد نقول : إذا كان الطعام موجودا دائما خلف الباب الأوسط ، فانه عندئذ في هذه المرة لابد من أن يكون موضوعا خلف هذا الباب .

٣١-١٨ . اللغة

LANGUAGE

كل البشر ، وحتى في أكثر المجتمعات البدائية ، عندهم لغة نامية جدا بأي شكل من الأشكال ، هذا يتطلب مستوي ثان من الأبهام (Abstraction) وفكرة كرسي أو باب ، مثل فكرة وسط ، هي نوع من الأبهام ، إذ لا يوجد شيء مثل الكرسي (Chair) في الحروف CHAIR .

وبطبيعة الحال ، من الممكن بجدارة خلق لغة مكتوبة برمز معين ، كمسودة (رسم كروكي) لكل تصور . وتتكون لغتنا المكتوبة من ٢٦ حرف وعن طريق ترتيب هذه الحروف في أنماط فريدة نستطيع كتابة هذه اللغة . إذا أردت ، المعاني المرتبطة ب TAR .
RAT ، بنفس الطريقة ، تتكون لغتنا المنطوقة من ٣-٥ دست (Dozens) (معتمدة على



شكل ٣١-٢٨: قرد صغير (Rhesus) يحل مشكلة غريبة (شاذة). لقد تعلم أن الطعام سيكون موجوداً تحت أي شكل من الأشكال الثلاثة الغريبة المقدمة. (بتصريح من هـ. ف. هارلو، معمل الأوليات بجامعة وسكنس).

من يقوم بالعد) من الأصوات الواضحة أو phonemes.

ولعدة سنين كان المتفق عليه عموماً أن صفة واحدة هي التي تميز الإنسان عن جميع الحيوانات الأخرى، ألا وهي استخدام الإنسان للغة. وبطبيعة الحال نحن نعرف الآن أن الكثير من الحيوانات الأخرى (مثل النحل) لها وسائل ميكانيكية تمتلك بعض صفات اللغة. ولكن إلى عهد قريب، كان الأحساس بأنه لا يوجد مخلوق آخر يمكنه، كما يمكننا نحن، من أخذ عدد صغير من الرموز المتعارف عليها وتجميعها بطرق معينة (فريدة) لأدراك أو تصور معين. وعلى أية حال، أظهرت سلاسل عديدة مذهشة من الأبحاث مع الشمبانزي أن هذا ليس صفة خاصة بالإنسان. فلقد اختار الزوجان آن (Ann) وديفيد بريماك (David Premack) أن يختبرا القدرة اللغوية للشمبانزي باستخدام رموز من البلاستيك ذات ظهر معدني تعبيراً عن الكلمات، سبورة ممغنطة يمكن أن تجمع عليها تلك الرموز البلاستيكية في جمل. وبعد نحو الست سنوات من

التدريب، أمكن لحيوان تجاربهها - أنثى شمبانزي تسمى سارة (Sarah) - أن تتعلم نحو ١٣٠ كلمة. ولم يشمل هذا العدد أسماء فقط (مثل سارة، تفاح، دلو) ولكن أفعالا (مثل يعطي، يأخذ، يغسل) وصفات (مثل أحمر وأصفر) الرموز لهذه لم تكن ملونة) وتعلمت سارة كذلك أن تتعامل مع الرموز الممثلة لتلك التصورات مثل نفس Same " مختلف Different " لا Not " إذا - If " بعد then " وسؤال. question وبهذه الأدوات أمكن للشمبانزي سارة أن تمسك بزمام بعض أساسيات علم النحو والصرف (Grammar) وعلاوة على ذلك، ظهر كأنها تفكر في لغتها الرمزية. وإذا ما قدم لها اسم التفاحة الخاص بها (مثلث أزرق) وصفته بأنه أحمر، مستدير، له عناق، ولو أنه لم توجد تفاحة في هذا الوقت.

واستخدام الرموز التي يمكن أن تمارس باليد (بدلاً من الكلمات المنطوقة) لاكتشاف قدرة اللغة للشمبانزي، تركز على المهارة اليدوية الواضحة للشمبانزيات وعدم قدرة لغة الشمبانزي باستخدام لغة الإشارة الأمريكية والتي يستخدمها فاقدى السمع (الصُم) في أمريكا الشمالية. وبينما توضح الكثير من الأشارات (الأياءات) في هذه اللغة الغرض (الشكل ٣١-٢٩) فالكثير منها لا توضح هذا الغرض، وبعد ٢٢ شهراً من التدريب، تعلمت أنثى الشمبانزي الصغيرة، المسماة والشو، أكثر من ٣٠ علامة، وأمكنها بهذه العلامات أن تفعل الكثير من الطلبات وتحيب على الأسئلة السهلة. وكلما اعتقدت أن أحداً لا يلاحظها، كانت تتكلم لنفسها أو تسمى الأشياء في صورة كتاب. وغالباً، في طريقها إلى دورة المياه، فعلت إشارة السرعة.

وبينما تبدو المهارات التي تقوم بها سارة، وأشو أولية (بدائية) فهي، لا تنقل بأي حال من الأحوال عن مهارة طفل عمره سنتين. واللذين يعتقدون أن قدرة الإنسان الكلامية تختلف نوعية، وليس مجرد كمية، عن تلك القدرة الكلامية عند الشمبانزي، فانه يبدو الآن أنها تحمل عبء البرهان.

٣١-١٩. الذاكرة

MEMORY

يعتمد كل التعلم على الذاكرة، فإذا ما أراد الكائن أن يحور من سلوكه بالتجربة، فلا بد له أن يتذكر ماذا كانت تجربته هذه. وبمجرد تعلم بعض الشيء، فالذاكرة ضرورية لدوام التعلم.



شكل ٣١-٢٩: واشو (Washoe) أنثى شمبانزي صغيرة، تعطى إشارة الشرب في لغة الإشارة الأمريكية للطرش (عديمي السمع) (يصريخ من ر. آلن جاردنز، بياتريس ت. جاردنز).

ولقد اقترحت نظريتان أساسيتان للذاكرة، إحداهما هي أن الذاكرة عملية ديناميكية، طبقاً لهذه النظرية فالأحاساسات تتسبب في ظهور النبضات العصبية والتي تدور عندئذ إلى ما لا نهاية خلال شبكة الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي. وإذا ما اعتبر انسان الشبكة المهولة من الخلايا العصبية الرابطة بداخل مخ الانسان، فان هذه النظرية تبدو مقبولة. وتعمل الدوائر المستخدمة في تخزين المعلومات في بعض الحاسبات الآلية (الكمبيوترات) الحديثة على نفس القاعدة. ويؤيد تلك النظرية الديناميكية للذاكرة الحقيقة المفزعة في أنه لم توجد نباتاً منطقة خاصة في مخ الانسان ضرورية لحفظ الذكريات القديمة ومهما كان الخلل الذي قد يحدث نتيجة التلف لأحدى مناطق المخ أو غيرها، لا يبدو ان لفقد الذاكرة دخل في ذلك. ومن جهة أخرى فلا بد للذاكرة الديناميكية أن تكون دائماً عاملة. فإذا ما توقفت جميع النبضات العصبية في المخ، حتى ولو للحظة، فان مثل هذا النوع من الذاكرة سيفقد. وعلى أية حال، فانه عند تبريد الفئران التي تدرب على لعبة الحيرة بعناية (بحرص) للدرجة التي لا يمكن معها إكتشاف أي نشاط كهربائي في المخ، ثم يعاد تدفئة هذه الفئران، فان تلك الفئران تذكر تدريبها السابق.

وتؤيد هذه الحقيقة النظرية الثانية للذاكرة وهي أن كل إحساس أمكن تذكره تنتج عنه بعض التغيرات الدائمة في طبيعة المخ . وربما يحدث تغيير في مقاومة بعض النهايات العصبية ، ولو أن حقيقة أن الذاكرة يبدو أنها لا تقع في أي مكان في المخ تعارض هذا الرأي . وحديثا ، إقترح العديد من علماء علم الأحياء (البيولوجيا) ان ذاكرتنا قد تخزن في شفرة كيميائية بداخل المخ . والبعض ينظر إلى (RNA) والبعض الآخر ينظر إلى بعض البروتينات ، على أنها هي المواد التي تخزن فيها الذكريات على هيئة شفرات . وكما تتذكر ، يمكن لهذه الجزيئات الكبيرة أن تتكون في عدد لا نهاية له من الطرق .

وانها حقيقة أمكن توضيحها بأن محتويات (RNA) في الخلايا العصبية تزداد مع نشاطها طالما أن نشاطها في حدود المعدلات الطبيعية . علاوة على ذلك ، وجد أن محتويات (RNA) في الخلايا العصبية في الحبل الشوكي للإنسان تزداد ابتداء من عمر ثلاث سنوات حتى عمر الأربعين سنة . وبعد سن الأربعين ، تبقى محتويات (RNA) في الخلايا العصبية ثابتة حتى عمر ٥٥ ، ٦٠ ، ثم تنخفض بسرعة .

ولقد تقدم البعض بإقتراح مفاده أن الذاكرة مبرجة بطريقة معينة في (RNA) كتفسير لتجارب تعلم معينة والتي تم إجراؤها على حيوانات البلاتناريات . وكما ذكرنا ، يمكن لتلك المخلوقات أن تتعلم كيف تحمل لعبة الحيرة التي على شكل حرف T ، كما يمكنها أيضا تعلم استجابة مشروطة . ويسود رأس الدودة على الذيل في هذه الاستجابات ، فإذا ما قطعت الدودة إلى نصفين ، فإن كلا من الرأس والذيل يجدد الأجزاء الغائبة . وتحفظ كلا الدودتين المجددتين ببعض الذاكرة التي سبق وأن تدربت عليها . وعلى أية حال ، إذا ما سمح للمقطع أن تتجدد في ماء بركة أضيف اليه بعض من الأنزيم (RNA) الريبونوكليز RNA-Ribonuclease ، فإن الرأس السائدة فقط هي التي تحتفظ بذاكرتها . وادعى عالم مجرب آخر انه إذا ما جمع بلاتناريات مدربة مع بعضها البعض وغذيت ببلاتناريات غير مدربة ، فإن البلاتناريات الأخيرة يمكن بالمثل تدريبها في وقت أقصر بكثير عن البلاتناريات المغداه طبيعيا .

وتسبب مثل هذه التقارير المدهشة المذكورة في اجراء العديد من التجارب المتشابهة في الكثير من العوامل المختلفة . وأجريت هذه التجارب ليس فقط بحيوانات البلاتناريات ولكن كذلك بحيوانات أرقى مثل الجرذان والفئران . ويدعى بعض

المشتغلين بتلك التجارب أن التعلم يمكن نقله من حيوان إلى آخر باستخلاص (RNA) من الحيوانات المدربة وحقنه في الحيوانات الغير مدربة. ويدعي باحثون آخرون أنهم حصلوا على نفس العمل الباهر باستخدام البروتينات وحتى، في إحدى الحالات، باستخدام عديد بيتيدات تحتوي على ١٥ حمض أميني. ووجد بعض الباحثين عقاقيرا يدعون أنها تسرع تخليق (RNA) وكذلك التعلم. ولسوء الحظ، فانه في كل واحدة من تلك الحالات، لم يستطع المشتغلون في معامل أخرى في الغالب أن يكرروا تلك النتائج. وربما لا يكون هذا داعيا في الحقيقة أن تؤثر على سلوك حيوان مثل الفأر يمكن أن يتجاهلها أولا يأخذها الباحث في الحسبان. علاوة على ذلك، فان نقل التعلم والذي يدعي البعض حقيقة يضم ببساطة تعلم أسرع "Faster learning" من جانب المستلمين (المتلقين) عن المقارنة. ولربما أن هذه المستخلصات والكيمياويات والتي يعتقد أنها تنقل أو تسرع التعلم يمكنها ببساطة أن تسرع النشاط العام (General activity) للمستلمين (Recipients).

لم يحن الوقت بعد لنقول ماهي طبيعة الذاكرة. ربما تغيرات كلا الطريقتين الديناميكية والجسمانية - الكيمياوية مسئولتان عن ذلك. ويؤكد إكتشاف أن الحصول على ذاكرة يبدو أنه يحدث على الأقل على خطوتين واضحتين. ففي الإنسان، على سبيل المثال، فان تلف الفصوص الصدغية (الزمنية) قد ينتج عنه فقد القدرة على تذكر تعلم جديد لأكثر من ساعة تقريبا. ومثل هذا التلف ليس له تأثير على الذكريات التي إكتسبها الإنسان في السنوات التي سبقت حدوث التلف. ومرضى الأمراض العقلية الذين يجري لهم العلاج بالصدمات الكهربائية لا يمكنهم تذكر الأحداث التي حدثت قبل العلاج مباشرة، ولكنهم لا يعجزون عند تذكر الأحداث السابقة. وفي السمك الذهبي والفتران، ظهر أن استخدام الكيمياويات التي تمنع تخليق البروتينات تمنع إكتساب الذاكرة البعيدة المدى ولكن لا تمنع إكتساب الذاكرة القصيرة المدى، وعلى أية حال فان منع تخليق البروتين لا يمنع تذكر Recall الذكريات القديمة. وأمكن إثبات ذلك بتدريب مجموعة من الفتران على إختيار ذراع واحد (الذراع الأيسر مثلا) من أذرع لعبة الحيرة. وبعد ثلاثة أسابيع دربوا ثانية على إختيار الذراع الآخر (اليمين). ثم أعطى البعض مانع تخليق البروتين وأعطى الآخرون محلول ملحي. وعند إختبارهم بعد ثلاثة أيام إختارت الفتران التي حدث بها تثبيط تخليط البروتين

الذراع الأيسر، بينما ذهبت الفئران التي تناولت المحلول الملحي إلى الذراع الأيمن.

٣١-٢٠. الأهمية التأقلمية للسلوك

THE ADAPTIVE SIGNIFICANCE OF BEHAVIOR

تركزت الأهمية في هذا الباب حتى الآن على الأنواع المختلفة من السلوك. ويعتمد كل من هذه على مايمكن أن نسميه ماكينة السلوك: المستقبلات الحسية، والدوران في الجهاز العصبي، نظام العضلات، التي تم وصفها كلها من قبل في الأبواب ٢٨ إلى ٣٠. وإلى الآن، عندما سألنا ما الذي يسبب نوعاً معيناً من السلوك فإننا في الواقع كنا نسأل كيف يبدأ السلوك، مثل، هل يبدأ بمنبه رؤية أو بفيرومون. وبعبارة أخرى، إنصب إهتمامنا أساساً عن كيف How يسلك الحيوان المسلك التي يقوم به.

والآن لنوسع نظرتنا عن السلوك، وثانيا نريد أن نعرف ماالذي يسبب السلوك، ولكننا الآن مهتمون بالذهاب أبعد من المسببات الوقتية لمعرفة لماذا Why يسلك الحيوان كما يفعل. أولنضع ذلك أكثر دقة، نريد أن نعرف الآن ماهي القيمة التأقلمية لسلوك معين في حياة الحيوان والتي نتجت عن هذا السلوك والذي أصبح جزءاً من الأثر التطوري للنوع مثل تتابع الأحاض الأمانية في بروتيناتها ومثل تشريح جهازه العصبي.

وتواجه الحيوانات بأربعة أحمال طاغية في حياتها، ألا وهي: (١) أن تأكل (٢) أن تنفادى أن تؤكل، (٣) أن تكون قادرة على البقاء في الأحوال الطبيعية لبيئتها، (٤) أن تمرر جيناتها إلى الجيل التالي. ولنختبر مثلاً أو مثالين من السلوك الحيواني الذي يقابل كلا من تلك الختميات. وفي كل حالة، سنختبر أولاً أمثلة مميزة للأنواع التي تعيش معيشة انفرادية (Solitary) أي الأنواع التي لا تقابل أفرادها بعضها البعض الا عند التلقيح والتي تربي نسلها بنفسها. ثم بعد ذلك سنختبر أمثلة مأخوذة من الأنواع التي تعيش معيشة اجتماعية - وهي الأنواع التي تتصل وتتعاون مع بعضها البعض أبعد من اتصالها داخل الأسرة المباشرة.

FEEDING BEHAVIOR

السلوك الغذائي

تختلف الحيوانات في إتساع أذواقها، فبعض الأنواع، مثل الفراشة المشهورة بطول

خرطومها البالغ ٢٥ سم وشديدة التخصص للدرجة أنها توفر كل احتياجاتها الغذائية من منبع واحد من النبات (في هذه الحالة الأوركيد الاستوائي والذي تبلغ فيه غدد الرحيق Nectary - ٢٥ سم طولاً). وأنواع أخرى شاملة التغذية، تختار من بين مدى كبير من الأنواع التي تؤكل. وفي حالة الأنواع الشاملة التغذية، تشمل تلك التغذية صنع الاختيار، أي نوع من الغذاء تختاره في وقت معين. وفي العادة يختار الحيوان نوعاً معيناً من الغذاء ويركز عليه إلى أن يصل إلى نقطة العائد المتدني. وجسم الغذاء هو طاقة ولكنه يحتاج إلى طاقة كي ينمو كغذاء، لذلك فإن سلوك الحيوان يكون بطريقة تعمل على زيادة معدل التكلفة / الفائدة إلى درجتها القصوى لرعية. ويتحول الحيوان من غذاء إلى آخر عندما يصبح معدل التكلفة / الفائدة للغذاء الأول أكبر من معدل تكلفة / فائدة الغذاء الثاني.

و تقل تكاليف طاقة الرعي بتكوين تصور بحثي "Search Image" لنوع الغذاء الذي، بالنسبة للوقت الحالي، يعطى عائداً مثمراً. ولقد رأينا كيف أن نحل العسل الراعي يكون صورة بحثية تعتمد على لون، رائحة، شكل المنبع الغذائي. ويستمر النحل الراعي في العودة إلى هذا المنبع الغذائي إلى أن يقوده النحل الكشاف إلى مصدر أغنى من الغذاء. ولبعض الأنواع، قد لا يكون التصور البحثي هو مظهر المادة الغذائية كما هي، لكن المكان المعين (مثل حفل تم حرثة) الذي يستمر في مكافأتها عن مجهوداتها (مثل تجربة صياد حنك يعرف أين يختفي سمك التراوت الكبير). وبدلاً من صرف الطاقة في الطيران النشط لأجل الرعي، تستخدم الكثير من الحيوانات طاقتها لأنشاء مصائد، مواد جاذبة وغيرها، والتي تغري فرائسها للحضور إليها حتى تكون في متناولها (انظر على سبيل المثال، الشكل ٤٤-٨).

وتدور أغلب حياة الحيوانات الاجتماعية حول التغذية التعاونية، فنحل العسل والحشرات الاجتماعية الأخرى هي أمثلة رائعة على ذلك. وعلى أية حال التغذية التعاونية توجد أيضاً في مجتمعات الحيوانات الفقارية. فالذئاب على سبيل المثال، تصطاد في الغالب في مجاميع، إذ تتعاون في النيل من فريستها (اصطيادها) وتشارك الغنيمة مع الأفراد الأخرى في المجموعة.

DEFENSIVE BEHAVIOR

السلوك الدفاعي

تختلف أشكال السلوك الدفاعي كثيرا في المملكة الحيوانية، فهي تتراوح بين الهرب ببساطة من المفترسات المتوقعة إلى استخدام أسلحة دفاعية واستخدام التخفى أو المحاكاة. وتضم الحيوانات الاجتماعية في العادة سلوكا تعاونيا ضد المفترسات في تجمعاتها، اذ يوجد فرد في القطيع يبقى للحراسة بينما ترعى الأفراد الاخرى، ويعطى هذا الفرد إشارة إنذار إذا ما هدد القطيع أي خطر. ويتعاون كثير من أنواع الطيور في التألب (التغلب) على المفترسات المتوقعة مثل الصقور والبوم. وتوجد أمثلة إضافية للسلوك الدفاعي في شكل ٤٤-٦.

البقاء في البيئة الطبيعية

SURVIVAL IN THE PHYSICAL ENVIRONMENT

تستطيع أغلب الحيوانات أن تحيا فقط في حدود مدى معين من الحرارة، الملوحة، الرطوبة، غيرها. ويمكن أن يكون هذا المدى عريضا نسبيا للحيوانات أمثال الفقاريات والطيور، التي تمتلك ميكانيكيات (وسائل) لها الكفاءة للحفاظ على توازن وظائف السوائل (Homeostatic) لبيئتها الداخلية. وهذا المدى يمكن أن يكون أضيق لحيوانات فقارية مثل الأسماك والبرمائيات وكذلك للحيوانات اللافقارية. وعلى سبيل المثال، فالحيوان القشري (*Porcelio*) (انظر الشكل ٣٩-١٨). وهو أحد القشريات الأرضية القليلة، لا يمكنه البقاء طويلا في هواء جاف. ويهبط الرطوبة النسبية، تزيد الحيوانات المذكورة من معدل حركتها وعند زيادة الرطوبة يقل معدل تلك الحركة وتكون نتيجة هذا السلوك، المسمى *Kinesis* هو أن الحيوان يتجمع تدريجيا في مناطق عالية الرطوبة. ويحدث هذا حتى ولو أن اتجاه الحركة لا يجعل أي علاقة باتجاه المنطقة ذات الرطوبة المرتفعة (وإذا ما حدث، تكون الاستجابة تكليفا (Taxis) (انظر قسم ٣٩-٣).

ويتعاون نحل العسل في حفظ درجة الحرارة بداخل الخلية ثابتة، ففي الجو الحار، تقف بعض الشغالات عند مدخل الخلية وتهز أجتها لتهوية الخلية. وتحمض الشغالات الراعيات (Foragers) الماء أيضا إلى الخلية ويساعد تبخير هذا الماء على ترطيب الخلية.

وفي الجو البارد، يتكتل النحل سويا ويرتعش، باعثا حرارة. ويكون النحل الموجود في وسط الكتلة قنوات تسمح للحرارة بالمرور للخارج لمحيط الكتلة، حيث يكون فقد الحرارة اكبر.

REPRODUCTIVE BEHAVIOR

سلوك التكاثر

في أغلب الحيوانات نجد أن الإناث هي التي تختار الذكور، تقع الأخيرة في تنافس مع بعضها البعض للحصول على تلك الإناث. ولذلك فإننا نجد أن ذكور الكثير من الأنواع تشغل في سلوك غزلي (كذكور السمك - المسمى Stickle back - انظر الشكل ٣١-٩) وغالبا مايؤكد السلوك الغزلي أن الجهاز التناسلي للذكور والإناث (البويض البالغ، غيرة) سيكون جاهزا للتزاوج في نفس الوقت.

وتجهز ذكور أنواع كثيرة مناطق لها لتستخدمها كمكان للحضانة وتربية الصغار. وعلى أية حال، فالكثير من الطيور يجازف بمنطقة تستخدم كذلك للتغذية وهي تدافع عنها ضد الدخلاء من أفراد نوعها الآخرين.

ويتطلب الدفاع عن المنطقة في الغالب القتال بين الذكور ولكن يكون هذا القتال في الغالب من مظاهر الطقوس أكثر منه كمصدر خطورة. وعلى أية حال، فإن الذكور التي تقهر في كل المحاولات تبعد عن التربية. وبينما يكون موتها بسبب عوامل أخرى إلا أنه من المحتمل أن يكون موتها هذا أكثر ارتفاعا عن موت الأفراد الأخرى التي بُنيت نفسها في المنطقة. إذن فالذكور الذين ليس لهم مأوى قمدنا بمخزن والذي منه يمكن للمنطقة أن تعوض سكانها من الذكور الدائمين في حالة مقتلهم.

والفقاريات التي تعيش في مجاميع اجتماعية غالبا ماتكون زعامات سائدة، الأمر بالتلقيط "Pecking Order" بين سكان حظيرة الدجاج هو مثال على ذلك. وبمجرد أن يعرف كل فرد مكانة في الزعامة السائدة ويقتنع بدوره فإن كمية الطاقة المطلوبة للمنافسة على الغذاء وعلى التزاوج تقل كثيرا. والذكور المؤسدة في الزعامة السائدة نادرا ما تنجح في التربية. ويقتات جميع المؤسسين من ذكور وإناث على الغذاء الذي يتركه لهم الأفراد السائدة من المجموعة. ولقد أمكن توضيح أن المؤسسين من كلا الجنسين هم أول ما يموت في أوقات الضغط بسبب المجاعة، الحالات البيئية الغير

مواتية (السيئة) والأمراض.

وكل أشكال سلوك التكاثر هي حصيلة وكذلك سبب قوي التطور القوية. ويمكنك أن تتصور جيداً أن الجينات المتحركة في سلوك الغزل، سلوك المناطق والسلوك السائد تختار بشدة لأجل ذلك، أي من المحتمل أن تمرر إلى الأجيال المستقبلية.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

ان من المناسب التمييز بين أشكال السلوك الغرائزى (اللاارادى) والسلوك التعليمي، ولو أن أغلب السلوك يشتمل على عناصر من كلا النوعين.

والسلوك الغريزى هو سلوك يسود فيه الأحساس، أي، أن منه معين يبدأ إستجابة مطبوعة. والحيوانات دقيقة الاختيار في كمية ونوع التغيرات البيئية التي تكون منبهات فعالة لها، يجهز جهازها العصبي قيمة المعلومات الحسية المتاحة لها بطريقة تجعل حدوث السلوك فقط عندما تكون تلك المعلومات أساسية (ضرورية) لرفاهيتها. ولهذا السبب يمكن في العادة للمجرب أن يظهر السلوك الغير سليم باستخدام إشارات قد توجد في العادة في بيئة الحيوان.

والسلوك التعليمي هو السلوك المحور بالتجربة، لذلك يحتاج السلوك التعليمي للذاكرة والقاعدة الفسيولوجية للذاكرة غير معروفة.

وبعض الحيوانات - غير الإنسان - يبدو وكأن عندها القدرة على الاستجابة للمبهات (النظريات) أي تكون تصورات. ويمثل مثل هذا السلوك الضد الأقصى للامتداد المستمر من مثل النوع المطبوع، وهو السلوك الغريزى السائد - حساسية مثل التكاليفات (Taxes) والأنعكاسات (ردود الفعل) البسيطة.

ومهما كانت المساهمة النسبية لمكونات السلوك الغريزى والسلوك التعليمي، فإن سلوك الحيوان يقابل أحد الاحتياجات التالية في حياة الحيوان: (١) تأمين الغذاء، (٢) تجنب المفترسات، (٣) تجنب الحالات الطبيعية التي تهدد الحياة في البيئة، (٤) التكاثر الجنسي. والحيوانات الاجتماعية، مثل نحل العسل، النمل الأبيض، بعض أنواع

الفقاريات، تشغل في سلوك تعاوني يساعدها على الوفاء بأحد (أو بأكثر) من تلك الاحتياجات.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - صمم تجربة ليبان أن كان النحل الكشاف يستطيع أو لا يستطيع أن يتصل بالنحل الراعي الآخر ليخبره عن اتجاه مصدر الغذاء الموجود على بعد ٢٠٠ متر من الخلية.
- ٢ - كيف يمكنك إثبات أن مستقبلات الرائحة في نحلة العسل موجودة على قرون الاستشعار؟ اذكر طريقتك بالتفصيل.
- ٣ - إذا صدم شخص عن طريق القدم، يحدث رد فعل انسحابي بسيط للقدم. صف كيف يمكن أن يتكيف (Conditioned) رد الفعل هذا؟ ماهي التغيرات في وظيفة الجهاز العصبي التي تحدث أثناء تلك العملية؟
- ٤ - في العشرين من مارس، تشرق الشمس في الشرق عند الساعة السادسة صباحاً وتغرب في الغرب تقريباً بعد ١٢ ساعة. وعند الساعة التاسعة صباحاً، تقوم نحلة كشافة بعمل رقصة هزة الذيل بحيث يكون الجزء المستقيم من الرقصة عند الزاوية ١٣٥ على يمين الخط الرأسى. في أي اتجاه يوجد الغذاء الذي تم الإبلاغ عنه؟
- ٥ - كيف ترقص نحلة كشافة في داخل الخلية وقت الظهر في يوم العشرين من مارس عند اكتشافها غذاء على بعد ١٠٠٠ متر إلى شمال الخلية؟
- ٦ - كيف ترقص النحلة الكشافة عند اكتشافها الغذاء على مسافة ٥٠٠٠ متر شمال شرق الخلية؟
- ٧ - لخص الطرق المختلفة للاتصالات بين الأنواع الموجودة في الحيوانات.
- ٨ - ميز ما بين الإلتحاء (Tropism) والتكيف (Taxes).
- ٩ - صمم تجربة لتوضيح عما إذا كان الكلب يستطيع التمييز، بين نوتتين كاملتين على البيانو.
- ١٠ - صمم تجربة لتوضيح ما إذا كان عند النمل أية رؤية للألوان.

REFERENCES

المراجع :

- 1 - HAILMAN, J. P., "How an Instinct Is Learned," Scientific American. Offprint No. 1165, December, 1969.
- 2 - ADLER, J. , "The Sensing of Chemicals by Bacteria," Scientific American. Offprint No. 1337, April, 1976.
- 3 - MERTON, P. A. "How we Control the Contraction of Our Muscles," Scientific American. Offprint No. 1249, May, 1972. Primarily controlling with the role of muscle spindle in controlling the stretch reflex.
- 4 - BENZER, S., "Genetic Dissection of Behavior," Scientific American. Offprint No. 1285, December, 1973. Fruit flies that are genetic mosaics of normal and mutant parts reveal clues to the structural basis of their behavior patterns.
- 5 - EMLN, S. T., "The Stellar - Orientation System of a Migratory Bird," Scientific American. Offprint No. 1327, August, 1975. Experiments with an indigo bunting in a planetarium.
- 6 - SAUNDERS, D. S., "The Biological Clock of Insects," Scientific American, Offprint No. 1335, February, 1976.
- 7 - BENTLEY, D., and R. R. HOY, "The Neurobiology of Cricket Song," Scientific American. Offprint No. 1302, August, 1974. The song pattern of each cricket species is stored in its genes.
- 8 - VON FRISCH, K., Bees: Their Vision. Chemical Senses. and Language, Cornell University Press, New York, 1950. In this small book (available in a paperback edition) Von Frisch describes the experiments which led him to so many discoveries in the fascinating behavior of bees.
- 9 - VON FRISCH, K., "Dialects in the Language of the Bees," Scientific American, offprint no.130, August, 1962. Different kinds of bees vary in the details of their dances. These variations provide clues to the evolution of this system of communication.
- 10- MENZEL, R., and J. ERBER, "Learning and Memory in Bees," Scientific

- American, Offprint No. 1395, July, 1978.
- 11- HEINRICH, B., "The Regulation of Temperature in the Honey bee Swarm," Scientific American, Offprint No. 1499, June, 1981.
- 12- WEHNER, R., "Polarized - Light Navigation by Insects," Scientific American, Offprint No. 1342, July, 1976.
- 13- MORSE, R.A., "Environmental Control in the Bee hive," Scientific American, Offprint No. 1247, April, 1972.
- 14- LINDAUER, M., Communication Among Social Bees, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1961. A report by a former student of von Frisch of further discoveries in the role that communication plays in the lives of bees.
- 15- MICHENER, C. D., and MARY H. MICHENER, American Social Insects, Van Nostrand, Princeton, N. J., 1951. Beautifully illustrated accounts of the lives of the wasps, bees, ants, and termites.
- 16- CHEESMAN, EVELYN, Insects: Their Secret World, William, Sloan Associates, New York, 1953. Includes fascinating example of insect behavior.
- 17- HES, E. H., "Imprinting in a Natural Laboratory," Scientific American, Offprint No. 540, August, 1972.
- 18- BLOUGH, D. S., "Experiments in Animal Psychophysics," Scientific American. Offprint No. 458, July, 1961. Instrumental conditioning is used to assess the discriminatory ability of pigeons.
- 19- FISHER, A. E., "Chemical Stimulation of the Brain," Scientific American, Offprint No. 485, June, 1964. Predictable behavior patterns in rats can be triggered by the application of certain chemicals to specific areas of the brain.
- 20- PREMACK, ANN J., and D. PREMACK, "Teaching Language to an Ape," Scientific American. Offprint No. 549, October, 1972. The story of Sarah.
- 21- SAVAGE - RUMBAUGH, E. SUE, D.M. RUMBAUGH, and SARAH BOYSEN, "Do Apes Use Language," American Scientist 68:49, January-

February, 1980. A review of the studies performed by the Premacks, the Gardners, and the author group at the Yerkes Regional Primate Research Center of Emory University.

- 22- HOCKETT, C.F., "The Origin of Speech," Scientific American. Offprint No. 603, September, 1960. The characteristics of human language and how it compares with other forms of animal communication.
- 23- BLAKEMORE, R. P., and R. B. FRANKEL, "Magnetic Navigation in Bacteria," Scientific American. offprint No. 1505, December, 1981.
- 24- SEELEY, T.D., "How Honey Bees Find a Home," Scientific American, Offprint No. 1524, October, 1982.

القسم الثامن : التطور

PART VIII: EVOLUTION

INTRODUCTION: PRINCIPLES OF CLASSIFICATION

مقدمة أسس التصنيف

توجد الحياة على كوكبنا الأرضي في عدد مذهل من الأشكال المختلفة وقد تم بالفعل إكتشاف ١.٢ مليون شكل من الكائنات الحية على الأقل وتزداد القائمة كل عام. أضف إلى ذلك أن البقايا الحفرية تقول أنه كانت هناك أنواع عديدة تسكن الأرض ولكنها إندثرت الآن.

قبل أن يمكن وضع علم الأحياء على أي أسس علمية مفهومة كان لابد من وضع نظام لهذه الأعداد الكبيرة غير المنظمة. كان ذلك بمحاولة ضم الأشكال المتباينة للحياة في فئات categories أو بعبارة أخرى تصنيفهم. فالكائنات التي كانت تشبه بعضها البعض كانت توضع مع بعضها في مجموعة. في أوائل النظم التصنيفية على سبيل المثال كانت كل الكائنات الخضراء والتي ليس لها قدرة على الحركة توضع مع بعضها في المملكة النباتية بينما الكائنات غير الخضراء والتي لها قدرة على الحركة توضع مع بعضها في عالم الحيوانات أو المملكة الحيوانية. قلة من الكائنات مع ذلك مثل عيش الغراب لم تتفق تماما مع أي من هاتين الفئتين ولكن مثل هذه الصعوبات العارضة كانت تحل بوضع مثل هذه الأشكال المحيرة في المملكة التي كانت تبدو أكثر ملائمة من غيرها.

مع إكتشاف الكائنات الدقيقة في القرن السابع عشر أصبحت مشاكل التصنيف أكثر صعوبة. فقد إكتشف صانع العدسات الهولندي فان ليفنهوك وصانعو المجاهر الذين أتوا من بعده العديد من الكائنات الضئيلة التي ليست لها أي من المميزات النموذجية لأي من المملكتين. البكتيريا على سبيل المثال إنضمت إلى المملكة النباتية بطريقة تقريبية للغاية كما أنهم إكتشفوا أشكالا مثل الكائن المجهرى الأخضر السامج

يوجلينا *Euglena* (أنظر الشكل ٣٣-١١، في الباب الثالث والثلاثين) الذي له صفات من كل من النباتات والحيوانات. وهذه أصبحت مسائل جادة يتنازع عليها علماء النبات وعلماء الحيوان. وحتى اليوم فإن أغلب كتب علم النبات تضم اليوجلينا وبقية الكائنات الجدليلة المشابهة بينها تضمهم كتب علم الحيوان أيضا.

منذ حوالي مائة عام إقترح عالم الأحياء الألماني هيكل Haeckel مخرجا من هذا الوضع المضطرب. فقد إقترح إنشاء مملكة ثالثة هي البروتيستا Protista لتضم تلك الكائنات التي لا تتوافق تماما مع المملكة النباتية أو المملكة الحيوانية. منذ ذلك الحين إتضح أن مثل هذا الحل يفشل في تغطية الصفات الخاصة جداً لمجموعتين: المجموعة بدائية النواة وتشمل البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة ومجموعة الفطريات. تختلف بدائيات النواة عن كل المخلوقات الأخرى من نواحي عديدة من أوصافها أن خلاياها تنقسم إلى أنسوية وذلك يبرر تماما إنشاء مملكة رابعة هي المونيرا Monera الفطريات حقيقية النواة ولكنهم بكل تأكيد ليسوا حيوانات ولا نباتات. وهم أيضا مختلفون من نواحي عديدة عن البروتيستا مثل الأميبا واليوجلينا. لذلك إستنتج معظم علماء الأحياء أنه ينبغي أن تكون للفطريات مملكة خاصة بهم.

عند هذه النقطة قد تشعر بأن إنشاء خمس ممالك هو ضرب من التخييط والكثير من الدارسين يشعرون أن ذلك ليس إلا إعترافا بالفشل في التغلب على الصعوبات التي تكتنف التحديد النهائي لماهية كل من هذه المخلوقات إن كان نباتا أو حيوانا. وبينما يمكن فهم مثل هذا الشعور إلا أنه لا يعي بالكامل ما هو النظام التصنيف وما هو الهدف منه.

THE PRINCIPLES OF CLASSIFICATION

أسس التصنيف

التصنيف هو وضع تلك الأشياء المتشابهة مع بعضها في فئات. وبينما يبدو ذلك بسيطا فإنه قد يكون صعبا عند الممارسة العملية. أولا علينا أن نقرر ماهي أهم أوجه التشابه بالنسبة لأهدافنا. واحدا من أوائل النظم التصنيفية ضم في فئة واحدة كل تلك العصور الحيوانية التي تعيش في نفس البيئة وعلى ذلك تم تصنيف الأسماك والحيثان والبطريق ضمن المخلوقات السباحة. هذا النوع من النظم التصنيفية كان غالبا يبنى على أساس أن المخلوقات ذوات الأعضاء المتشابهة analagous ينبغي أن تنضم مع

بعضها. الأعضاء المتشابهة هي الأعضاء التي لها نفس الوظيفة. فزعانف الأسماك وأطراف الحيتان والطريق كلها أعضاء متشابهة لأنها تستعمل في السباحة. أجنحة الطيور والخفافيش والحشرات كلها أعضاء متشابهة لأنها تجعل الطيران ممكناً.

حينما زادت المعرفة بتشريح الكائنات الحية إتضح أن أوجه التشابه في البيئة وفي الأعضاء المتشابهة كانت غالباً سطحية فقط. فوجود الفراء عند الخفافيش ورعايتهم لصغارهم ووجود الريش عند الطيور مع وضعهم للبيض بينما تكون الحشرات من نوات الدم البارد وليس بها هيكل داخلي كل ذلك يؤكد أن هذه الكائنات تختلف عن بعضها البعض من نواحي أهم بكثير من نواحي التشابه الموجودة بينها. وقد أدى تقدير الأهمية الحقيقية للتباين والتشابه بين الكائنات بعالم الطبيعيات السويدي كارلوس لينوس Carolus Linnaeus إلى وضع النظام الحديث للتصنيف. ففي عام ١٧٥٣ نشر تصنيف للنباتات تبعه في عام ١٧٥٨ بتصنيف للحيوانات. لذلك فإنه غالباً يسمى أبو التقسيم taxonomy وهو الإسم الذي أطلق على دراسة التصنيف. والنظام الذي نستعمله اليوم هو في الأساس نظامه وهو مبني على مبدأ التناظر homology.

لماذا كان للتصنيف المبني على التناظر هذه الأهمية ؟ لابد أن تكون الأبواب السابقة قد أقنعتك بأن التصنيف المبني على أساس أعضاء متناظرة هو تصنيف مبني على صلة القرى Kinship

CATEGORIES OF CLASSIFICATION

فئات التصنيف

النوع species هو الوحدة الأساسية للتصنيف. أما المجموعات التي تضع فيها الأنواع المتشابهة فانها تسمى أجناس genera (المفرد: جنس genus). الأجناس المتقاربة بدورها توضع في فصائل families والفصائل المقاربة تشكل الرتب orders ، والرتب تنظم مع بعضها في صفوف أو طوائف classes. والطوائف المتشابهة توضع مع بعضها في شعبة phylum واحدة. الشعب phyla التي توجد بينها صلة قرابة تنضم معا لتكون مملكة kingdom.

بالإضافة إلى هذه الفئات الرئيسية فإن علماء التصنيف غالباً ما يضطرون إلى إضافة فئات أخرى: الشعبة قد تنقسم إلى شعبيات subphyla ، وفي بعض الحالات لابد من

وجود فوق طائفة superclass وطويئة «أو تحت صف» subclass وفوق فصيلة super-family وتحت فصيلة family.

SCIENTIFIC NAMES

الأسماء العلمية

على الرغم من أن لينوس لم يكن ليؤمن بالتطور فإن إلامه الفطري بأهمية التناظر أعطانا نظاما تصنيفيا مازال صالحا حتى اليوم. وهو أيضا يستحق الشكر من كل علماء الأحياء في كل مكان لأنه أعطانا نظاما لتسمية الأنواع. فكل لغة فيها كلمات خاصة بها للنباتات والحيوانات. فالكلب في اللغة الإنجليزية هو dog وفي الألمانية hund وفي الفرنسية chien. المعرفة في علم الأحياء يتم إكتشافها كما في بقية العلوم بمعزل عن الحدود الوطنية. لذلك كان من المهم أن يعرف علماء الأحياء في كل بلد ماهي الكائنات التي يدرسها زملاؤهم في البلدان الأخرى. نظام التسمية الذي وضعه لينوس يحقق هذا الهدف.

يتكون الإسم العلمي لكل نوع من جزئين. الأول هو إسم الجنس الذي ينتمي إليه الكائن؛ الثاني وهو ما يعرف باللقب النوعي specific epithet، يحدد نوع بالذات في داخل الجنس. وعلى ذلك فالكلب المنزلي هو *Canis familiaris*. الأسماء اللاتينية إستعملها لينوس ولكن منذ ذلك الحين كان عدد الأنواع المكتشفة كثيرا لدرجة أن علماء التصنيف الآن يصيغون إسم الجنس كإسم لاتيني واللقب النوعي في صورة صفة لاتينية. يكتب الإسمين بحروف مائلة *italics* ويبدأ إسم الجنس بحرف كبير وليس إسم النوع. لاحظ كذلك أن حروف الهجاء الرومانية تستعمل دائما في هذا الغرض حتى عند علماء الأحياء في بلدان مثل اليابان حيث تستعمل حروف أخرى في الأغراض العادية.

غالبا ما يتم اشتقاق اللقب النوعي من إسم المكتشف. على ذلك يكون إسم العصفور الدوار الذي إكتشفه بروير *Brewer* هو *Spizella breweri*. أحيانا ترى إسم آخر مكتوب بعد الإسم العلمي بحروف غير مائلة. هذا هو إسم عالم التصنيف الذي صاغ الإسم العلمي. لينوس نفسه هو الذي إقترح الإسم العلمي الذي نستعمله للكلب ولذلك غالبا يكتب *Canis familiaris* L. مع الأعداد الهائلة من الأنواع التي تتطلب أسماء لك أن تتخيل أن اثنين أو أكثر من علماء التصنيف قد يضعون أسماء

مختلفة لنفس الكائن . لذلك وضعت قواعد محددة تقوم على تنفيذها لجان دولية للتغلب على مثل هذه الصعوبات .

أحيانا يضاف جزء ثالث بحروف مائلة وباللغة اللاتينية إلى الإسم العلمي للكائن . هذا هو إسم تحت النوع subspecies وهو يميز شكل معين ، غالباً علي ، من أشكال النوع عن بقية الأشكال التي تنتمي إلى نفس النوع . فعلى الرغم من الاختلافات الظاهرة بينهم فإن كل سلالات الكلب تنتمي إلى نفس النوع . هناك أنواع أخرى معروفة تشتمل على «سلالات breeds» متميزة عن بعضها إلى حد ما . هذه السلالات تسمى فنيا «سلالات» races أو أصناف varieties أو تحت أنواع subspecies . يوجد بالفعل من الطائر المغرد *Geothlypis trichas* سبعة تحت أنواع متميزة .

HIGHER CATEGORIES

الفئات العليا

الآن رأيت كيف يعمل النظام التصنيفي فإنه ينبغي أن يكون من السهل عليك معرفة كم هو تقريبي . المجموعة التصنيفية الوحيدة التي لها وجود خارج عقولنا هي النوع . وكل أفراد النوع الواحد ينبغي أن تستطيع التزاوج بنجاح فيما بينها على الرغم من صعوبة الحصول على معلومات محددة بالنسبة لهذه النقطة . فلكي يعتبر التزاوج ناجحاً يجب أن تكون الذرية خصيبة بنفس القدر كالآباء . ومع ذلك فالحقيقة أن الحصان والحمار يمكنهما التزاوج مع بعضهما لائتمنا من تصنيفهما في نوعين منفصلين لأن البغل الذي ينجمانه يكون عقياً . النوع إذن هو الوحدة الوحيدة التي لها وجود الطبيعة . أما بناء الأجناس والفصائل والرتب الخ فهو نتاج للتقدير البشري .

بينما يكون هدف دراسة التصنيف دائماً هو الوصول إلى تصنيف «طبيعي» natural أي تصنيف مبني على التاريخ التطوري إلا أن هذا الهدف غالباً لا يتحقق . فالكثير من الأنواع وتحاصة الأحياء الدقيقة والحيوانات ذات الأجسام الرخوة لم تترك بقايا حفريه . يترتب على ذلك أن علماء التصنيف لابد أن يحاولوا إعادة بناء التاريخ التطوري للكثير من المجموعات على أساس أدلة غير مباشرة - أساسا التناظرات المفترضة بين الأشكال الحية . وعلى الرغم من أنهم يبذلون أقصى ما عندهم من جهد إلا أنهم غالباً ما يضطرون إلى الاعتراف بالفشل .

ما الذي يمكن أن يفعله المرء حينها لا يكون هناك دليل كافي لتحديد العلاقات

التطورية ؟ حسن ، النظام التصنيفي الذي يفشل في إعطاء صورة عن القرابات الحقيقية هو أفضل من عدم وجود نظام تصنيفي بالمرّة . لذلك فإننا نبني نظاماً تصنيفياً باستخدام صفات في متناول أيدينا حتى ولو أدى ذلك إلى أن تكون الفئات غير «طبيعية» . في الأبواب القليلة القادمة سوف ندرس عدة شعب لا تمثل بالتأكيد تجمعات «طبيعية» من الكائنات الحية . وكلما تحسنت المعرفة بالمخلوقات في هذه الفئات فإننا نأمل أن يتم تصنيفهم في النهاية على أساس القرابة . وقد يؤدي ذلك إلى زيادة ضخمة في عدد الطوائف (وكذلك الفئات الأدنى) .

لقد كان الإتجاه في التصنيف نحو رفع مستوى المجموعات الأكثر بدائية ، فالطحالب الخضراء المزرقّة على سبيل المثال ، كانت يوماً ما رتبة في داخل صف الطحالب الذي كان بدوره جزء من طائفة الثالوسيات في المملكة النباتية . أما اليوم فإننا نضع الطحالب الخضراء المزرقّة ضمن المونيرا Monera وهي مملكة لا تشاركهم فيها إلا البكتيريا . قد يكون هناك أكثر من خمسة أفرع رئيسية لشجرة العائلة الخاصة بالأحياء ومع ذلك سوف نتمسك بهؤلاء الخمسة . وفي الأبواب الخمسة التالية من هذا القسم سوف ندرس المجموعات الرئيسية التي تشتمل عليها كل مملكة .

CHAPTER 32

الباب الثاني والثلاثون

بدائيات النواة (مملكة مونيرا)

THE PROKARYOTES (KINGDOM MONERA)

THE NATURE OF PROKARYOTES	طبيعة بدائيات النواة	١-٣٢
THE BACTERIAL CELL	الخلية البكتيرية	٢-٣٢
THE CLASSIFICATION OF BACTERIA	تصنيف البكتيريا	٣-٣٢
THE PHOTOSYNTHETIC BACTERIA	بكتيريا البناء الضوئي	٤-٣٢
THE CHEMOAUTOTROPHIC BACTERIA	البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية	٥-٣٢
GRAM POSITIVE RODS	البكتيريا العصوية الموجبة لصبغة جرام	٦-٣٢
GRAM-POSITIVE COCCI	البكتيريا الكروية الموجبة لصبغة جرام	٧-٣٢
GRAM-NEGATIVE RODS	البكتيريا العصوية السالبة لصبغة جرام	٨-٣٢
GRAM-NEGATIVE COCCI	البكتيريا الكروية السالبة لصبغة جرام	٩-٣٢
SPIRILLA	البكتيريا الحلزونية	١٠-٣٢
ACTINOMYCETES AND THEIR RELATIVES	البكتيريا الشعاعية وأقاربها	١١-٣٢
SPIROCHETES	السيروكيتات	١٢-٣٢
MYCOPLASMS	الميكوبلازومات	١٣-٣٢
RICKETTSIAS AND CHLAMYDIAE	الريكتسيات والكلاميديات	١٤-٣٢
GLIDING BACTERIA	البكتيريا الزاحفة	١٥-٣٢

THE BLUE GREEN ALGAE

(Phylum Cyanophyta)

THE PROCHLOROPHYTA

THE ARCH AEBACTERIA

THE VIRUSES

CHAPTER SUMMARY

EXERCISES AND PROBLEMS

REFERENCES

١٦-٣٢ . الطحالب الخضراء المزرقه

(شعبة الطحالب الزرقاء)

١٧-٣٢ . الطحالب الخضراء البدائية

١٨-٣٢ . البكتيريا القديمة

١٩-٣٢ . الفيروسات

ملخص الباب

تمارين ومسائل

المراجع

الباب الثاني والثلاثون

بدائيات النواة (مملكة مونيرا)

٣٢-١ . طبيعة بدائيات النواة THE NATURE OF PROKARYOTES

إذا فحصنا تركيب الخلايا في المخلوقات المتباينة التي تعيش على الأرض فإنه يظهر لنا بوضوح فرق أساسي بين نوعين. خلايا معظم الكائنات تحتوي على أنوية وميتوكوندريا وبلاستيدات (إذا كانت تقوم بالبناء الضوئي) وأغلب التراكيب الأخرى التي وصفناها في الباب الخامس. مثل هذه الخلايا تسمى حقيقية النواة eukaryotes ومع ذلك فإن خلايا البكتيريا وخلايا الطحالب الخضراء المزرقمة لا تحتوي على هذه العضيات. هذه المخلوقات تسمى بدائية النواة prokaryotes.

تختلف بدائيات النواة عن حقيقيات النواة من عدة نواحي. ففيها كروموسوم واحد فقط ولا يكون متحد معه هستونات. ليس فيها أنابيب دقيقة microtubules (قد يكون هناك إستثناء واحد) وبالتالي لا توجد بها سنترولات ولا مغزل ولا أجسام قاعدية. وبينما يكون لبعض بدائيات النواة أسواط "flagella" فإنها لا تكون مركبة من أنابيب دقيقة كما هو الحال في أسواط وأهداب cilia حقيقية النواة. الريبوسوم في بدائيات النواة يختلف في تركيبه عن الريبوسومات الموجودة في حقيقيات النواة. وكما سوف نرى فإن بدائيات النواة تشترك في عدد من الصفات الكيميائية الحيوية التي لا توجد في حقيقيات النواة.

التكاثر في بدائيات النواة يكون في أغلب الأحيان لاجنسي. وتلك الأنواع التي تستطيع أن تحقق عملية التهجين الوراثي تفعل ذلك بأسلوب مختلف تماماً عما هو موجود

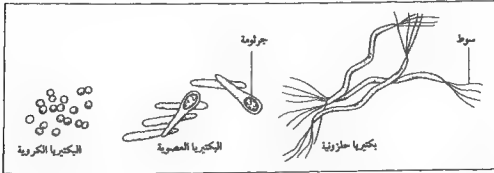
في حقيقيات النواة. أحد الأفراد (العاطي donor) ينقل ببساطة بعض جيناته الى فرد آخر (المستقبل recipient) لا يوجد إنقسام اختزالي. وقد تحدثنا عن التفاصيل الدقيقة للتكاثر الجنسي الذي يحدث في بكتيريا معينة (مثل بكتيريا القولون *E.coli*) في القسم ٩-٤.

THE BACTERIAL CELL

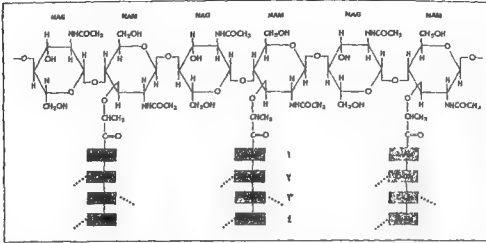
٣٢-٢. الخلية البكتيرية

تعبأ الخلية البكتيريا داخل جدار خلوي. وكما في حالة النباتات المائية فإن الجدار يمدّها بالقوة التي تمنع الخلية من الانفجار عند وجودها في وسط ناقص التوتر (مثل بركة). والجدار صلب أيضا بما يكفي لاكساب الخلية شكل ثابت نسبيا. البكتيريا التي تشبه العصا تسمى بالبكتيريا العصوية bacilli والبكتيريا التي يكون جدارها كروي تسمى البكتيريا الكروية cocci البكتيريا الحلزونية spirilla تكون الجدر فيها متموجة أو منحنية (الشكل ٣٢-١).

تتركب جدر البكتيريا من مادة متبلمرة معقدة تسمى بيتيدوجلايكان -peptidoglycan وكما قد يوحي اليك هذا الاسم فإنه يحتوي على الأحماض الامينية والسكريات. السكريات من نوعين: سكر سداسي يحتوي على النتروجين ويسمى ن - أسيتايل جلوكوزامين N-acetylglucosamine (NAG) وحمض ن - أسيتايل ميوراميك (NAM) N-acetylmuramic هذان النوعان يشكلان بلمرة مستقيمة يتبادل فيها NAG مع NAM (الشكل ٣٢-٢). تكون الروابط بين ذرات الكربون رقم ١ ورقم ٤ ويكون إتجاهها كما في حالة السيليلوز (انظر الشكل ٤-١٤). انها هذه الرابطة التي يهاجمها الليزوزيم



الشكل ٣٢-١: ثلاثة من الاشكال الشائعة في البكتيريا. كل يحافظ على شكله بواسطة الجدار الخلوي الصلب.

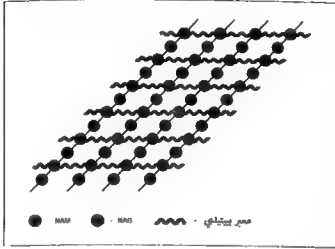


الشكل ٣٢-٢. تركيب البييتيدوجلايكان، المركب الرئيسي في جدار الخلية البكتيرية. لاحظ التشابه مع الكايتين (الشكل ٣٣-١٤). الترابط بين السكريات الأمينية في هذا البوليمر يشبه الترابط في السيليلوز (الشكل ٤-١٤). بعض الاختلافات في رباعيات البييتيد المتصلة بوحدة NAM يكون موجود في بعض الأنواع. ففي بعض الأنواع مثلاً قد يوجد حمض ثنائي أمينوبايمليك - وهو حمض أميني لا يوجد إلا في بدايات النواة - في الموضع رقم ٣. النقاط تشير إلى الأماكن التي قد تنشأ عنها روابط تساهمية بين سلاسل متجاورة. هذه المعابر قد تكون مباشرة أو قد تشتمل على بيبتيدات قصيرة إضافية مثل هـ واسب من الجلايسين.

(ارجع إلى الشكل ٦-١٨ والشكل ٦-٢٠).

يتصل بكل NAM سلسلة جانبية تحتوي على ٤ أحماض أمينية. الأول (وهو الأقرب) هو الألانين (Ala) الثاني هو حمض الجلوتاميك (Glu). ولكن هذا الحامض يكون في صورة D وليس في الصورة L التي توجد في جميع البروتينات (وهنا قد ترغب في العودة إلى ما قلناه عن النظائر الضوئية في القسم ٤-٤). الحامض الأميني الثالث قد يكون الصورة L من اللايسين أو بدلاً من ذلك يكون هو حامض ثنائي أمينوبايمليك diaminiopimelic acid وهو حامض لا يوجد في البروتينات على الإطلاق (ولا في أي جزء من حقيقيات النواة). الحامض الأميني الطرقي في هذه السلسلة هو الصورة D من الألانين.

الشيء المهم في هذه الرباعيات البييتيدية المتصلة بـ NAM هو أنه يمكن أن تنشأ بينها روابط تساهمية. هذه قد تكون روابط بييتيدية مباشرة بين مجموعة NH_2 - من حامض أميني (مثل اللايسين) في إحدى السلاسل ومجموعة $COOH$ - في سلسلة أخرى (مثل (D-Ala ومع ذلك غالباً ما تنغرس معابر قصيرة من الأحماض الأمينية بين رباعيات

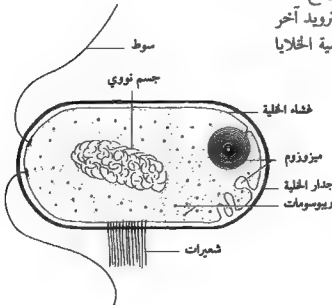


الشكل ٣-٣٢. تركيب الجدار في البكتيريا. المعابر العرضية الببتيدية توفر روابط تساهمية بين السلاسل المتجاورة ليس فقط في نفس المستوى (كما هو مبين هنا) ولكن في المستويات الأعلى والأسفل هذا التركيب يعطي الجدار قوة كبيرة.

الببتيد للسلاسل المتجاورة. الارتباطات العرضية بين وحدات NAM يمكن أن تربط السلاسل المتجاورة في نفس المستوى (الشكل ٣-٣٢) وكذلك في المستويات الأعلى والأسفل منها. إنه هذا التركيب المعقد ذو الارتباطات العرضية التساهمية الذي يجعل للجدار تلك القوة الكبيرة. وهو أيضا الذي يقودنا إلى الاستنتاج أن جدار الخلية البكتيرية ينطبق عليه تعريف الجزيء الواحد (وان كان ذو حجم غير محدد ومتغير).

يقع غشاء الخلية تحت الجدار الخلوي مباشرة (الشكل ٤-٣٢). وهو يحتوي على طبقة مزدوجة من الفوسفوليبيد تشبه تلك التي وجدناها في غشاء الخلية حقيقية النواة

(لارجع الى الشكل ٤-٥) ومع ذلك لا يوجد كولسترول أو أي سترويد آخر في طبقة الفوسفوليبيد في أغشية الخلايا البكتيرية.

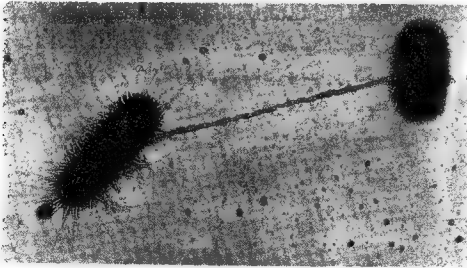


الشكل ٤-٣٢. بنية خلية بكتيريا نموذجية. الميزوسومات هي انبعاجات للدخل من غشاء الخلية.

يستطيع الكثير من البكتيريا السباحة بواسطة أسواط . ترتبط الأسواط بغشاء الخلية وتبرز من خلال جدار الخلية . تركيب الأسواط البكتيرية يختلف تماما عنه في أسواط حقيقيات النواة الذي ذكرناه في الباب الثلاثين . فلا يوجد فيه الترتيب ٢+٩ من الانابيب الدقيقة المحتوية على التيوبولين ولكن بدلا من ذلك يوجد ببساطة خيط مفرد يتكون من بروتين يسمى فلاجيلين flagellin .

بعض البكتيريا (مثل بكتيريا القولون) لها مجموعة ثانية من الخيوط البروتينية المتصلة بالغشاء الخلوي والتي تبرز من خلال الجدار الخلوي . هذه تسمى الشعيرات pili (الشكل ٣٢-٥) . وظيفة معظم الشعيرات غير معروفة تماما . ومع ذلك فإن شعيرات معينة تكون ضرورية للتكاثر الجنسي (او التزاوج conjugation) بطريقة ما غير مفهومة بوضوح حتى الآن تمكن هذه الشعيرات جزءا من كروموسوم العاقل من أن يحقن في المستقبل .

قد تنشئ أجزاء من غشاء الخلية إلى داخل السيتوبلازم فتتكون منها الميزوزومات mesosomes (أو الأجسام الوسطية) . تؤدي الميزوزومات عدة وظائف . فعندما تستعد



الشكل ٣٢-٥ . الشعيرات في بكتيريا القولون الشعيرة الطويلة بين الخلايا ضرورية لانتقال المادة الوراثية من المعطى الذكر (الى اليسار) الى المستقبل . هذه الخلية المذكورة لها ايضا شعيرات اخرى كثيرة لا تشارك في التزاوج . (صورة المجهر الأليكتروني قلمت بتخضيرها جوديث كاربنان وتشارلز برنتون وماخوفا من ر . واي . ستانير ، م . دودوروف ، اي . اطبرج - ١٩٧٠ . بتصریح من برنتيس - هال المحلوذة ، نيوجرسي) .

الخلية البكتيرية للانقسام فإن تكوين الجدار المستعرض الجديد يتم بمساعدة الميزوزومات ومن المحتمل ان يعاون ميزوزيوم في الانفصال المنظم للكروموسوم البكتيري المتضاعف (الذي يكون متصلاً به). يتم تغليف إفرازات الخلية في ميزوزومات ثم تغريغها منها. وباختصار فإن الميزوزومات تقوم بتلك الوظائف التي تتطلب وفرة وإحتياطية من الغشاء الخلوي.

لا توجد في البكتيريا نواة تمحدها أغشية. ومع ذلك فإن الكروموسوم البكتيري - وهو حلقة مغلقة من خيط مزدوج من الحمض DNA يبلغ محيطها حوالي ١ مم - يكون مشتبهاً على نفسه على هيئة جسم نووي "nuclear body" في داخل الخلية (الشكل ٣٢-٦).

الكثير من البكتيريا ينتج جراثيم (أو أبواغ) spores عندما يقل الغذاء. وكل خلية لا تنتج إلا جرثومة واحدة (وعلى ذلك فالجراثيم البكتيرية ليست وسائل للتكاثر اللاجنسي). الكروموسوم المتضاعف حديثاً وبعض الريبوسومات و مجموعة كبيرة من الانزيمات تتغلف في طبقة مزدوجة من غشاء الخلية وطبقات من الببتيدوجلايكان. يُتَزَع معظم الماء من الجرثومة ويتوقف الأيض.

تكون الجراثيم شديدة المقاومة للظروف البيئية القاسية مثل الجفاف وأقصى درجات الحرارة. وعندما تتحسن الظروف ينشط الأيض في الجرثومة وتنتب إلى خلية خضرية. وقد وجد أن جراثيم بكتيريا التربة مازالت حية بعد ٥٠ سنة من الكمون.



الشكل ٣٢-٦. صورة بالمجهر الإلكتروني لخلية بكتيرية منقسمة. التكبير حوالي ٥٣ ألف مرة. المناطق الباهتة في كل خلية بنوية هي الاجسام النووية. (بتصريح من سي. ف. روينو وج. ماراك).

THE CLASSIFICATION OF BACTERIA

٣-٣٢. تصنيف البكتيريا

تصنيف البكتيريا صعب للغاية. وهو مبني على صفات مثل الشكل والقدرة على تكوين جراثيم وطريقة إنتاج الطاقة (الجليكزة عند اللاهوائيات والتنفس الخلوي عند الهوائيات) وتفاعلها مع صبغة جرام Gram stain. أما صبغة جرام فقد ابتكرها عالم البكتيريا الدانماركي كريستيان جرام منذ سنوات عديدة (في عام ١٨٨٤). تصبغ الخلايا أولا في صبغة قرمزية تسمى كريستال فيوليت crystal violet ثم يعالج التحضير بالكحول الذي يغسل الكريستال فيوليت من الخلايا السالبة لصبغة جرام gram-negative ولكي يمكن مشاهدتها عند هذه النقطة لابد من صبغة مضادة ذات لون مختلف (مثل اللون الوردي لصبغة الصفرانين safranin) البكتيريا التي لم تفقد لونها بالكحول أو الأسيتون تسمى موجبة لصبغة جرام gram-positive.

وقد تبدو صبغة جرام لأول وهلة كوسيلة تقريبية جدا للاستعمال في التصنيف ومع ذلك فقد دلت البحوث في السنوات الأخيرة على أن هذه الصبغة تميز بين نوعين مختلفين تماما من جدر الخلايا البكتيرية وربما كانت تعكس إنقسام طبيعي وهام في البكتيريا.

وبصفة عامة فإن النظام التصنيفي الحالي للبكتيريا (وهو محل مراجعة مستمرة) يصعب إعتبره نظاما طبيعيا أي يكشف عن القرابات التطورية. أفضل طريقة لجعل النظام طبيعيا أكثر مما هو الآن هي دراسة نسب الذي أوكسي ريبونوكليوتيدات في هذه الكائنات. قد تذكر أنه في عينه من الحامض DNA تكون كمية A مساوية لكمية T وبالمثل تكون كمية C مساوية لكمية G ولكن نسبة C + G إلى A + T تختلف كثيرا بين البكتيريا وبعضها البعض. بعبارة أخرى فإن بعض البكتيريا تفضل الكودونات المحتوية على C, G والأخرى تفضل T, A النسبة A + T : C + G تتراوح بين ٣٠٪ في بعض الأنواع إلى ٧٠-٨٠٪ في أنواع أخرى (في الإنسان والفقاريات الأخرى تكون النسبة ٤٠٪).

من الصعب أن نفهم كيف يمكن لنوعين لصيقي الصلة من البكتيريا أن يختلفا كثيرا في خاصية جوهرية مثل إستخدامهما للشفرة الوراثية. وعلى ذلك كلما وجدنا نوعين بكتيريين لهما نسب A + T : C + G متباعدة كثيرا فانه لابد لنا أن نفترض انها بعيدتي

الصلة حتى ولو كنا قد صنفناهما من قبل مع بعضهما على أسس أخرى مثل الشكل وما إلى ذلك. وعلى الرغم من هذه المؤشرات فإن تصنيف البكتيريا، وخاصة الفئات الأعلى من الفصيلة والرتبة، يظل غير طبيعي وسوف نتناول باختصار ١٢ مجموعة.

٣٢-٤. بكتيريا البناء الضوئي THE PHOTOSYNTHETIC BACTERIA

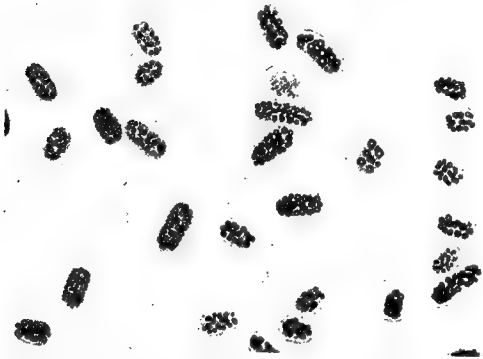
تستغل بكتيريا البناء الضوئي طاقة ضوء الشمس (كما تفعل النباتات الخضراء) في إختزال ثاني أكسيد الكربون إلى مادة كربوهيدراتية. على خلاف البناء الضوئي في النباتات الخضراء فإن مصدر الاليكترونات ليس الماء على الإطلاق. بكتيريا الكبريت الأرجوانية purple sulfur bacteria وبكتيريا الكبريت الخضراء green sulfur bacteria تستخدم كبريتيد الهيدروجين (H_2S) للحصول على الاليكترونات اللازمة لتخليق NADPH و ATP ويتج الكبريت العنصري في هذه العملية (غالبا ما يخترن على هيئة حبيبات داخل الخلية - الشكل ٣٢-٧).



ولقد أوضحت هذه العملية إلى فإن نيل بفكرة دور الضوء في البناء الضوئي في النباتات الخضراء (انظر القسم ٨-٧).

تحتوي بكتيريا البناء الضوئي على أشكال خاصة من الكلوروفيل (تسمى الكلوروفيل البكتيري bacteriochlorophyll) وهي تكون موجودة في أغشية الميزوزومات. وهذه الطريقة تستطيع أداء النظام الضوئي ١ ولكن ليس النظام الضوئي ٢ (وهو ما يفسر عدم قدرتها على استخدام الماء كمصدر للإليكترونات).

معظم بكتيريا البناء الضوئي لاهوائية إجبارية أي أنها لا تتحمل الأوكسجين الحر. ولذلك فهي محصورة في بيئات معينة مثل سطح الترسبات الموجودة في قاع البرك ومصبات الأنهار. في مثل هذه المواقع قد يكون عليها أن تكفي بها قد يمر من طاقة إشعاعية من خلال النباتات المائية والطحالب الخضراء التي تنمو في الماء الذي يعلوها. ومن المثير حقا أن طيف الامتصاص للكلوروفيلات البكتيرية يقع معظمه في المنطقة تحت الحمراء من الطيف بحيث يمكنها الايقاع بالطاقة التي أفلتت من الطحالب التي تنمو أعلى منها (إزاحة الصفة؟).



الشكل ٣٢-٧. كروماتيوم *Chromatium* واحدة من بكتريا الكبريت الأرجوانية. الاجسام اللامعة داخل الخلايا هي حبيبات من الكبريت. لاحظ الأسواط. ومن هـ. ج. شليجل و ن. بفينج - (١٩٦١)

ولكن تبقى مشكلة. فالكائنات الحية لا تستطيع ان تعيش بالمواد الكربوهيدراتية وحدها ولا بد لها من عدد المركبات النتروجينية) مثل NH_3 , NO_3) كي تستطيع تخليق البروتينات والأحماض النووية. فاذا افترضنا ان الجو المبكر للأرض كان يحتوي على غاز النتروجين (N_2) كما هو الحال الآن فإنه كان لابد من إيجاد طريقة لتثبيت هذا النتروجين في صورة مركبات. بكتيريا البناء الضوئي قادرة على ذلك. وعلى ذلك فإنها كانت تستطيع أن تزدهر تحت الظروف السائدة في المراحل المبكرة من تطور الحياة على الأرض.

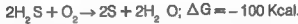
٣٢-٥. البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية

THE CHEMOAUTOTROPHIC BACTERIA

هناك بكتيريا معينة عديمة اللون لها قدرة الكائنات المحتوية على الكلوروفيل من حيث تصنيع المواد الكربوهيدراتية من مواد خام غير عضوية ولكنها لا تستعمل طاقة ضوء الشمس لتفعل ذلك. ولقد أوضحت دراساتنا للبناء الضوئي أن ذلك ليس شيئا

فريدا. فتحويل ثاني أوكسيد الكربون إلى كربوهيدرات يمكن أن يحدث في خلايا الحيوان كما يحدث في خلايا النبات. تفاعلات الظلام المسؤولة عن ذلك تحدث أيضا في خلايا البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية. والسؤال الآن هو: ماهو مصدر الطاقة والليكترونات التي تدفع تفاعلات الظلام هذه المستهلكة للطاقة؟ كيف تقوم البكتيريا عديمة اللون ذاتية التغذية الكيميائية بتصنيع ما يكفيها من ATP و NADPH لانتاج الجلوكوز من ثاني أوكسيد الكربون؟ إنها تقوم بذلك عن طريق أكسدة مادة مختزلة موجودة في بيئتها. الطاقة الحرة التي تتيحها هذه الأكسدة يتم توجيهها بعد ذلك نحو تصنيع المادة الكربوهيدراتية.

بكتيريا الكبريت sulfur bacteria ذاتية التغذية الكيميائية تؤكسد H_2S في الوسط المحيط بها (مثل الماء الموجود في الينابيع الكبريتية) لانتاج الطاقة:



وهي تستطيع بعد ذلك إستغلال هذه الطاقة في إختزال ثاني أوكسيد الكربون إلى كربوهيدرات بنفس طريقة بكتيريا البناء الضوئي الكبريتية.



مجموعة أخرى من البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية هي بكتيريا الحديد iron bacteria (هذه هي المسؤولة عن تكوين القشور البنية داخل خزانات الماء في المراحيض). فهي تكمل أكسدة مركبات الحديد المؤكسدة جزئيا وهي قادرة على ربط الطاقة الناتجة من هذه الأكسدة بعملية تخليق الكربوهيدرات.

بكتيريا النترة nitrifying bacteria هي أيضا ذاتية التغذية الكيميائية. فهي تقوم بأكسدة NH_3 (الناتج من البروتينات بفعل بكتيريا التحلل شاذة التغذية) إلى نترات. هذه الأكسدة تمدها بالطاقة اللازمة لدفع التفاعلات التخليقية. والنترات الناتجة كغذاء تسد حاجة النباتات منها. وسوف ندرس الدور الكامل لبكتيريا النترة في دورة النتروجين على الأرض مرة أخرى في الباب التاسع والثلاثين.

٣٢-٦. البكتيريا العضوية الموجبة لصبغة جرام GRAM - POSITIVE RODS

العديد من البكتيريا العضوية الموجبة لصبغة جرام لها أهمية خاصة. جنس كلوستريديوم *Clostridium* يشتمل على بكتيريا مكونة للعجائيم ولا هوائية إجباراً

(لايحتمل التعرض للأكسجين) وبعضها يفرز سموم قوية. جراثيم النوع *Clostridium titani* منتشرة في التربة وغالباً ما تدخل الجسم عن طريق الجروح. فالجروح التي تتقب الجلد (مثل ما تسبب الأشواك أو الأظافر أو الإبر الملوثة التي يستخدمها مدمنو المخدرات) تكون شديدة الخطورة لأنها توفر الظروف اللاهوائية المطلوبة لانبات ونمو هذه الكائنات. وعندما يحدث ذلك ينتج سم بروتيني ويبدو أنه يوقف عمل التشابكات العصبية في الحبل الشوكي وفي المخ وبالتالي يتوقف المنع المتبادل لأزواج العضلات المتضادة (انظر القسم ٣١-٤) وتعاني الضحية من تقلصات عضلية عنيفة. ومن حسن الحظ إن المرض (ويسمى التيتانوس) أصبح الآن نادراً جداً في الدول المتقدمة بفضل التطعيم شبه الكامل ضد هذا السم. التحول الكيميائي للسم ينتج مادة شبيهة بالسم toxoid غير ضارة تظل محتفظة بالمحددات الأنتيجينية للسم. وعندما يوضع شبه السم في مصل فإنه يوفر مناعة طويلة الأمد نسبياً ضد تأثيرات السم.

على الرغم من أن *Clostridium botulinum* لا يصيب الإنسان إلا أنه لا يزال سبباً وذلك بسبب السم الذي ينتجه حينما ينمو ببطء في الأغذية المعلبة بطريقة غير سليمة. كمية من هذا السم تصل في ضآلتها إلى ١ ميكروجرام تؤكل مع حبة فول غير مطهية يمكن أن تؤدي إلى الموت. هذا السم يمنع إفراز ACh من أطراف المحاور الحركية motor axons ولذلك تبدو على الضحية دلائل النشاط العصبي السمبثاوي (تورم أنسان العين وامتناع التبول) وضعف العضلات الهيكلية. وحينما تصاب العضلات البينضلية يتوقف التنفس. هذا السم هو بروتين ويتخثر بسرعة (١٠ دقائق) عند درجة ١٠٠ م. وعلى ذلك فإن غلي الأغذية المعلبة في المنازل يجعلها مأمونة للأكل.

كلمة bacillus لا تشير فقط إلى كل البكتيريا ذات الشكل العصوي لكنها لسوء الحظ تستخدم كذلك كاسم جنس لمجموعة واحدة من البكتيريا العضوية الموجبة لصبغة جرام. البكتيريا *Bacillus anthracis* تسبب مرض الجذمة anthrax وهو مرض يصيب أساساً الحيوانات الأليفة مثل الأبقار والأغنام والماعز وأحياناً قد يصيب الناس الذين يتعاملون مع هذه الحيوانات أو منتجاتها (مثل شعرات الخنزير غير المعقمة المستعملة في فرشاة الخلاقة). قبل إكتشاف المضادات الحيوية كانت نسبة الوفيات من الناس بسبب هذه الإصابة عالية جداً.

كانت البكتيريا *B. anthracis* هي أول بكتيريا يثبت أنها تسبب مرض (كان ذلك على يد أحد أوائل علماء الأحياء الدقيقة روبرت كوخ Robert Koch) ولقد مهد هذا الاكتشاف الطريق أمام لويس باستير لابتكار مصل مضاد. كما أدى نجاح هذا المصل - وهو الأول منذ جينر - بداية الحقبة الحديثة لعلم المناعة (في عام ١٨٨٩).

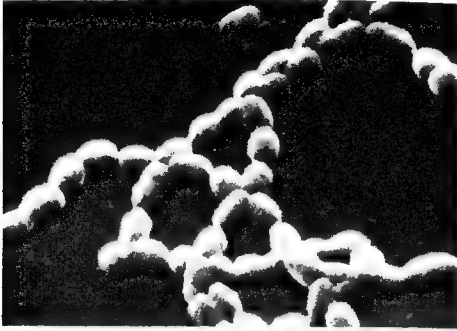
من السهل إغفال ما للعديد من البكتيريا من منافع بسبب الوقع الشديد لعدد قليل نسبياً من البكتيريا المسببة للأمراض. النوع *Bacillus subtilis* وهو شائع في التربة هو مصدر المضاد الحيوي باستراميسين bacitracin والبكتيريا العصوية الموجبة لصبغة جرام من جنس *Lactobacillus* ضرورية لتحويل اللبن الى جبن وزبد (وزبادي).

٣٢-٧. البكتيريا الكروية الموجبة لصبغة جرام

GRAM - POSITIVE COCCI

معظم الكائنات في هذه المجموعة تنمو في مستعمرات مميزة. فالبكتيريا الكروية العنقودية *Staphylococci* (جنس ستافيلوكوكس *Staphylococcus*) تكون مسطحات من الخلايا. وثمة نوعان شائعان بصفة خاصة. النوع *Staphylococcus albus* ربما كان نامياً الآن على جلدك أما النوع *Staphylococcus aureus* فهو منتشر على الجلد وفي الممرات الأنفية والقناة الهضمية. وبصرف النظر عن بعض المضايقات التي يسببها حب الشباب *acne* أو الدماجل *pimples* فاننا نعيش في إنسجام نسبي مع هذه الكائنات. ومع ذلك فانها إذا دخلت تحت الجلد بسبب جروح أو حروق وما إلى ذلك قد تكون نخرًا خطير. وفي وقت من الاوقات كان يمكن علاجها بسهولة بالمضادات الحيوية ولكن نشأة سلالات مقاومة للمضادات الحيوية - داخل المستشفيات اساساً - يشكل تهديدا خطيرا خاصة للاطفال حديثي الولادة والمرضى العمليات الجراحية.

تنمو البكتيريا الكروية العنقودية بغزارة في الغذاء وخاصة القشدة ومنتجاتها وتفرز فيها سمًا. ابتلاع الغذاء في هذه الحالة قد يؤدي إلى تقلصات عنيفة في المعدة. أفضل وسيلة لمنع هذه الصورة الشائعة من صور التسمم الغذائي هي تبريد الغذاء والتأكد من أن من يتناولون الغذاء لا توجد جروح مفتوحة في أيديهم.



الشكل ٨-٣٢ البكتيريا الكروية السبحية كما تبدو تحت المجهر الأليكتروني المسح (مكبرة ١٣ ألف مرة). هذا النوع هو *Streptococcus mutans* وهو شائع في الفم والسبب الرئيسي لتسوس الأسنان. (بتصريح من المعهد البحري لبحوث الأسنان - البحيرات العظمى - إلينوى).

البكتيريا الكروية السبحية *Streptococci* تنمو في سلاسل (الشكل ٨-٣٢) وهي مسئولة عن أمراض شائعة مثل التهاب الحلق والحصف *impetigo* والتهابات الأذن الوسطى. ونادرا ما تؤدي الإصابة بالعصويات السبحية إلى المضاعفات الخطيرة المصاحبة للحمى القرمزية (وهي نتيجة لافراز الكائن لسم) والحمى الروماتيزمية. ومن حسن الحظ ان العلاج السريع بالمضادات الحيوية عادة يمنع حدوث هذه المضاعفات الخطيرة.

البكتيريا الكروية الرئوية *pneumococci* وهي المسئولة عادة عن الالتهاب الرئوي البكتيري ربما كانت هي الأخرى من أعضاء مجموعة الكرويات السبحية ومع ذلك فهي تميل إلى النمو في أزواج وهو ما يدفع بعض الباحثين إلى تصنيفها في جنس يسمى *Diplococcus* عادة يستجيب الالتهاب الرئوي البكتيري للعلاج بالمضادات الحيوية وفيما عدا المسنين وضعاف البنية فإنه لم يعد منه خطورة على الحياة.

يحيط بجدار الخلية في الكرويات الرئوية الخبيثة كبسولة من عديد التنكر (انظر

الشكل ٢٤-٦) في الباب الثاني عشر درسنا دور هذه الكبسولة في اكتشاف ان الشفرة الوراثية تقع في الحمض DNA وفي الباب الرابع والعشرين درسنا الدور الهام الذي تلعبه هذه الكبسولة في احداث المرض (عن طريق منع الالتهام الخلوي) وفي الشفاء من المرض (عن طريق الحث على تكوين المضادات الحيوية الموجهة ضد عديد التسكر).

٣٢-٨. البكتيريا العصوية السالبة لصبغة جرام

GRAM - NEGATIVE RODS

عدد انواع البكتيريا العصوية السالبة لصبغة جرام هائل ولكن اي قائمة بهذه الانواع لا بد أن تبدأ بالكائن الذي تمت دراسته اكثر من اي كائن اخر (ربما باستثناء انفسنا) الا وهو بكتيريا القولون *Escherichia coli* فنادراً ما يسبب هذا المقيم الدائم في احشاء الانسان أي ضرر لعائلته. بل انه في الواقع قد يساعدنا على تخليق فيتامين ك وبعض فيتامينات ب التي نمتصها بعد ذلك من محتويات أمعائنا.

بعض ساكني أمعاء الانسان من البكتيريا السالبة لصبغة جرام لا يفيد بنفس القدر. فالبكتيريا سالمونيللا تيفي *Salmonella typhi* تسبب مرض التيفود وهو مرض شائع ووبائي حينما تكون النظافة غير كافية. وحينما يشفي الشخص المصاب (وغالباً يشفي) فانه يصبح حامل للكائن اي انه يستمر محتوي عليه - عادة في الحوصلة المرارية. وتمر البكتيريا من هناك مع العصارة المرارية إلى الامعاء حيث تخرج من البراز. ولاسباب واضحة لا بد ان يتعد حاملوا التيفود عن المطايخ وهم في الواقع يمثلون تهديداً للدرجة ان اقسام الصحة العامة يرصدون تحركاتهم ونشاطاتهم عن كثب.

البكتيريا *Vibrio cholerae* هي العامل المسئول عن الكوليرا الذي هو من أخطر الامراض المعوية. يفرز الكائن سم يسبب إسهال شديد (١٠-١٥ لتر في اليوم) وفقد الأملاح. وما لم يتم تعويض هذا الماء والأملاح بسرعة فقد يموت المريض (من الصدمة) في خلال ساعات قليلة. وكما في الامراض المعوية الاخرى تحدث الاصابة بالكوليرا عن طريق تناول طعام وغالباً ماء شديد التلوث بهذا الكائن.

ربما لايسبب أحد الأحياء الدقيقة دماً؛ وذعراً في التجمعات البشرية مثل ما سببه

النوع *Yersinia pestis* هذه هي البكتيريا العنصوية التي تسبب الطاعون (ويسمى أيضا الموت الاسود). ينتقل الكائن إلى الانسان عادة عن طريق لدغة من برغوث الفأر. وعندما ينتشر في العقد الليمفاوية يسبب لهم ورم ضخم ومن هنا سمي بالطاعون الدبلي "bubonic plague" (الدبل bubo = ورم في عقدة ليمفاوية). وبمجرد دخوله إلى الرئتين فإن الكائن ينتشر مباشرة من شخص إلى شخص مسببا الطاعون الرئوى "pneumonic" وهو سريع القتل (٢-٣ أيام). لقد وصف الير كامو Albert Camus هاتين الصورتين للمرض بكل صدق في روايته الطاعون (The Plague (La Peste).

إذا ترك الطاعون الدبلي بدون علاج فإن ٥٠-٧٥٪ من الحالات تنتهي بالوفاة بينما تكون نسبة الوفيات في حالة الطاعون الرئوى الذي يترك بدون علاج ١٠٠٪ تقريبا. لاعجب إذن أن موجات الطاعون المتكررة التي بدأت في اوروبا في القرن الرابع عشر قد ادت إلى كل هذا الدمار. ففي ثلاث سنوات فقط (١٣٤٨ - ١٣٥٠) مات ما لا يقل عن ربع تعداد أوروبا بسبب هذا المرض. وفي بعض المدن كانت نسبة الوفيات أعلى من ذلك. فقد قدر ان الموت العظيم في تلك الفترة قد إختزل عدد سكان مدينة سينا Siena من ٤٢ الف إلى ١٥ الف. وفي فلورنسا كان الوباء والرعب الذي نجم عنه هما الجو الذي كتب عنه بوكاتشيو Boccaccio روايته ديكاميون Decameron.

لم تحدث أوبئة ضخمة من الطاعون في القرن الحالي وإن كانت هناك بعض اصابات طفيفة به في آسيا. ومع ذلك فإن الخطورة لم تذهب بالكامل. فالبكتيريا مازالت منتشرة في بعض تجمعات القوارض (مثل السنجاب الأرضى وكلاب البرارى) في غرب الولايات المتحدة الامريكية. وكل عام تحدث بضع حالات اصابة بالطاعون في الانسان وخاصة بين صيادى الحيوانات الصغيرة. ومن حسن الحظ ان العلاج السريع بالمضادات الجيوية عادة يأتي بشفاء عاجل. والسؤال مازال قائما عما إذا كانت هذه المستودعات من *Y. pestis* في عشائر القوارض يمكن ان تكون مصدر لوباء هائل في البشر.

٣٢-٩. البكتيريا الكروية السالبة لصبغة جرام

GRAM - NEGATIVE COCCI

ثمة نوعان من هذه المجموعة لها أهمية خاصة بالنسبة لنا وهما *Neisseria meningitidis* و *Neisseria meningitidis*.

meningococcal *glitidis* و *Neisseria gonorrhoeae* الأول يسبب الالتهاب السحائي meningitis وهو التهاب خطير جدا ينتشر في الاطفال الصغار والمعسكرات الحربية. أما النوع الثاني فانه يسبب أحد أوسع أمراض الانسان إنتشارا وهو السيلان gonorrhea (تظهر مليون حالة منه في الولايات المتحدة كل عام) ينتشر الكائن مباشرة من شخص إلى شخص عن طريق الاتصال الجنسي. في الذكور يغزو قنوات البول urethra فيسبب نزول صديد وغالبا يستقر في غدة البروستات prostate والبربخ epididymis أما في الاناث فانه ينتشر من المهبل إلى عنق الرحم وقنوات فالوب. فاذا تركت الاصابة بدون علاج فان الضرر الذي يلحق بقنوات فالوب قد يعوق مرور البويضات ومن ثم يسبب العقم.

ولسنوات عديدة كان البنسلين هو الدواء السريع (وان كان في الغالب مؤقت) لعلاج هذا المرض. ومع ذلك ففي عام ١٩٧٦ ظهرت في الولايات المتحدة سلالة مقاومة للبنسلين (قادمة من الفيلين) ومنذ ذلك الحين ظهرت سلالات مقاومة أخرى في معظم أنحاء العالم. ومن العجيب ان سنوات من التعرض للبنسلين لم تؤدي إلى ظهور هذه المقاومة قبل ذلك.

SPIRILLA

١٠-٣٢. البكتيريا الحلزونية

الجدار الخلوي الصلب للبكتيريا الحلزونية هو الذي يعطيها هذا الشكل (الشكل ١-٣٢). وهي سالبة لصبغة جرام ومتحركة motile ومعظمها موجود في الماء سواء العذب أو المالح. ومع ذلك فأحد الأنواع يتردد كثيرا على فم الانسان وربما استطعت العثور عليه باستخدام شوكة تحليل الاسنان وشرجة وصبغة ومجهر.

١١-٣٢. البكتيريا الشعاعية وأقاربها

ACTINOMYCETES AND THEIR RELATIVES

معظم أفراد هذه المجموعة ينمو على هيئة خيوط رفيعة - كفطر - بدلا من خلايا مفردة. ولهذا السبب كان يعتقد لفترة طويلة أنها فطريات. وعلى الرغم من التشابه في أنماط النمو الا أنه من المؤكد أنها ليست فطريات. فالفطريات حقيقية النواة والبكتيريا الشعاعية من بدائيات النواة. بكل ما يترتب على هذا الاختلاف الاساسي من ناحية تركيب الخلية والكيمياء الحيوية (انظر القسم ١-٣٢).

وعلى الرغم من وجود بكتيريا شعاعية مسببة للأمراض إلا أن المجموعة تكتسب أهمية أكبر من نواحي أخرى. فالبكتيريا الشعاعية هي السائدة في عوائل الأحياء الدقيقة بالتربة حيث تلعب دور رئيسي في تحليل النفايات العضوية. والكثير من هذه الكائنات التي تعيش في التربة هم أيضا مصادر هامة للمضادات الحيوية. الستربتومايسين والاريثرومين والكلورامفينيكول (بياع تحت اسم كلورومايسيتين) وأنواع التتراسايكلين (تباع تحت اسم أوريومايسين وتيراميسين) كلها من منتجات البكتيريا الشعاعية. وكذلك الحال مع اكتينومايسين د الذي على الرغم من كونه شديد السمية بالنسبة للإنسان إلا أن قدرته على منع تضاعف ونسخ الحمض DNA قد أمدت علماء الأحياء بأداة بحثية فائقة القوة (انظر على سبيل المثال القسم ١٥-٢ والقسم ٢٦-٦).

البكتيريا الفطرية mycobacteria والكورينيبكتيريا corynebacteria من ذوات الصلبة الوثيقة بالبكتيريا الشعاعية. ثمة نوعان من البكتيريا الفطرية يسببان أمراضا خطيرة ومزمنة للإنسان: السل tuberculosis والجذام leprosy. أما النوع *Corynebacterium diphtheriae* فهو الذي يسبب الديفتيريا (أو الخناق) وكما في حالة التيتانوس لا تكمن الخطورة في مجرد غزو البكتيريا للانسجة (في الحلق) ولكن من السم القاتل الذي تنتجه. وسم الديفتيريا يمارس تأثيره السام بطريقة في غاية التخصص. فهو يحفز تثبيط العامل اللازم لاضافة الأحماض الأمينية إلى سلسلة عديد الببتيد التي يتم تخليقها على الريبوسوم. وليس لهذا السم نفس التأثير على الريبوسومات في بدائيات النواة (أو تلك الموجودة في البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا).

سم الديفتيريا عبارة عن بروتين ولكن أ.م بابنهايمر الابن ومعاونوه تمكنوا من إثبات أن الجين الذي يحمل شفرته ليس من الجينات التركيبية للبكتيريا نفسها وإنما بدلا من ذلك هو فيروس بكتيري يستطيع أن يغزو الخلية ويصبح جزءا من طرازها الوراثي.

يمكن جمع سم الديفتيريا من مزارع للكائن ومعالجته بالفورمالدهيد تحوله إلى شبيه السم toxoid غير الضار. التطعيم بشبيه السم الخاص بالديفتيريا (عادة مع شبيه السم الخاص بالتيتانوس وتحضير ضعيف من ميكروب السعال الديكي في مصل ثلاثي) قد أدى إلى تخفيض كبير في معدل حدوث المرض على الرغم من الحالات المتناثرة التي مازالت تظهر في الولايات المتحدة.



الشكل ٩-٣٢. السيروكيت الذي يسبب الزهري. (بتصريح من هاري إي. مورتون).

SPIROCHETES

١٢-٣٢. السيروكيتات

السيروكيتات عبارة عن بكتيريا طويلة رفيعة حلزونية الشكل يتراوح طولها من ميكرونات قليلة إلى ٥٠٠ ميكرون (الشكل ٩-٣٢). جدارها الخلوي ليس له نفس صلابة الجدار في البكتيريا الحلزونية ولذلك يسهل عليها الانحناء. على الرغم من أن بعض السيروكيتات تعيش في المياه العذبة وفي التربة وفي أجسام الحيوانات دون أن تسبب أي ضرر إلا أن بعضها يكون طفيل خطير وربما كان من أشهر هؤلاء الطفيليات البكتيريا المسببة لمرض الزهري syphilis وهو مرض ينتقل بالاتصال الجنسي عند البشر.

MYCOPLASMAS

١٣-٣٢. الميكوبلازومات

الميكوبلازومات هي بكتيريا ضئيلة غير متحركة وبدون جدر خلوية. البعض منها يعيش طليقا ولكن البعض الآخر يتطفل على النباتات والحشرات والحيوانات الأخرى. وأول ما اكتشف منها بسبب نوع من الالتهاب الرئوي يسمى ذات الجنب في الماشية pleuropneumonia. نوع آخر من هذه المجموعة يسبب للإنسان مرض يسمى الالتهاب الرئوي الأولي غير النموذجي primary atypical pneumonia.

تتميز الميكوبلازومات بأنها تضم أصغر الكائنات التي تعيش طليقة. وعلى الرغم من أن بعضها ضئيل جداً (أر. ميكرون) بحيث لا يمكن رؤيتها إلا بمجهر إلكتروني إلا أنها تحتوي على كل ما تحتاج إليه للقيام بكل نشاطات الحياة.

RICKETTSIAS AND CHLAMYDIAE

١٤-٣٢. الريكتسيات والكلاميديات

الريكتسيات مثل الميكوبلازومات تكون صغيرة (الشكل ١٠-٣٢) لدرجة أنه يصعب تمييزها بالمجهر الضوئي وهي تختلف عن الميكوبلازومات في أنها جميعا تقريبا تعيش

كطفيليات إجبارية داخل الخلايا . وهذا يعني أنهم يستطيعون النمو والتكاثر فقط طالما كانوا داخل الخلايا الحية للعائل - بعض المفصليات (القراد)، الحلم، القمل، البراغيث) والديدان. بينما تحتوي خلايا الريكتسيا على كل الآليات الأيضية اللازمة للحياة فانها ربما تعتمد على خلايا عائلها في الحصول على احتياجاتها من المرافقات الانزيمية مثل ATP.

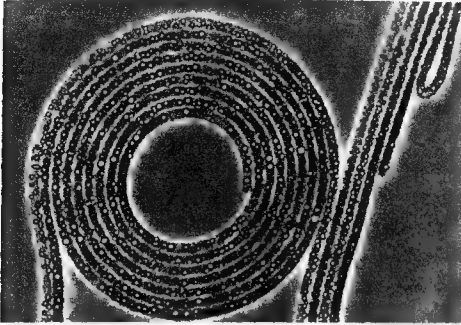
حمى التيفوس typhus تسببها ريكتسيا تنتقل من انسان لاخر بواسطة القمل الذي يمتص الدماء . وحى جبال روكنى ذات البقع fever spotted rocky mountain تسببها ريكتسيا تنتقل خلال لدغة القراد المصاب وعلى الرغم من اسمه إلا أن هذا المرض موجود في كل أنحاء الولايات المتحدة إلا أن شدة الإصابة تختلف من منطقة إلى أخرى (تتراوح نسبة الوفيات بين الحالات التي تلقى علاج بين ٥٪ في بعض المناطق و ٩٠٪ في منطقة وادي بيترروت في ولاية مونتانا). ومن حسن الحظ أن العلاج بالمضادات الحيوية فعال جدا ضد هذه الكائنات.

الكلاميديات تشبه الريكتسيات في عدد من النواحي . فهي أيضا طفيليات ضئيلة إجبارية تعيش داخل الخلايا .

وأفضل أمثلتها المعروفة في أمريكا الشمالية هو ذلك العامل الذي يسبب حمى البيغاء psittacosis أو "parrot fever" وفي الحقيقة أن الكثير من أنواع الطيور (بالإضافة أحيانا إلى الانسان) يعمل كعائل لهذا الكائن ولذلك يفضل الآن تسمية المرض بحمى الطيور ornithosis.



الشكل ١٠-٣٢. الريكتسيا التي تسبب حمى التيفوس. (يتصرح من توماس ف. اندرسون).



الشكل ٣٢-١١ . بييجياتوا Beggiatoa إحدى البكتيريا الزاحفة . هذا الكائن ذات التغذية الكيميائية يحصل على الطاقة من أكسدة H_2S إلى كبريت حر (يرى كمجيبات داخل الخلايا) . بتصريح من جون م . لاركيب بجامعة ولاية لويزيانا .

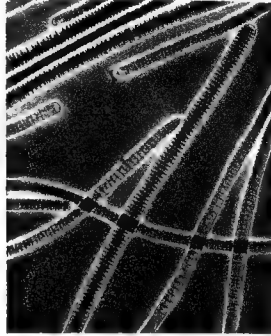
من الكلاسيديات ذات الاثر الاجتماعي والاقتصادي الهام ما يسبب التراكوما trachoma وهي عدوى تصيب العين وفي الاغلب تؤدي إلى العمى الدائم . إنها مشكلة خطيرة على الصحة العامة وتنتشر بصفة خاصة في المناطق الصحراوية من آسيا وأفريقيا والشرق الأدنى . وقد قدر أن نحو ٤٠٠ مليون شخص يعانون من التراكوما وأن ٦ مليون قد أصيبوا بالعمى من جراثيها .

THE GLIDING BACTERIA

٣٢-١٥ . البكتيريا الزاحفة

هذه البكتيريا أخذت إسمها من طريقتها في الحركة : الزحف فوق الوسط الذي تعيش عليه . الآلية التي تفعل بها ذلك مازالت غير معروفة . الكثير من أنواع البكتيريا الزاحفة وحيد الخلية بينما يكون البعض الآخر على هيئة خيوط طويلة من الخلايا . تشترك خلايا المحيط في جدار مشترك .

معظم أنواع البكتيريا الزاحفة يكون شاذ التغذية ولكن القليل منها (الشكل



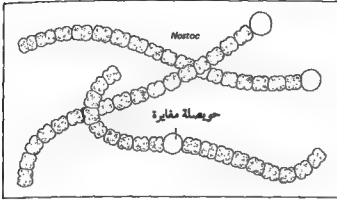
الشكل ١٢-٣٢
أوسيلاتوريا
طحلب خيطي اخضر مزرق
(١٠٠٠ مرة). كل قرص في
السلسلة عبارة عن خلية.

١١-٣٢) يكون ذاتي التغذية الكيميائية. وهذه الأخيرة تؤكسد H_2S للحصول على الطاقة تماماً كما تفعل بكتيريا الكبريت ذاتية التغذية الكيميائية التي وصفناها في القسم ٥-٣٢.

البكتيريا الزاحفة الخيطية ذات أهمية خاصة بالنسبة لنا لأنها تشبه المجموعة الرئيسية الأخرى من بدائيات النواة: الطحالب الخضراء المزرققة. التشابهات كثيرة لدرجة أن البكتيريا الزاحفة الخيطية يمكن أن تعتبر طحالب خضراء مزرققة فقدت القدرة على البناء الضوئي.

١٦-٣٢ . الطحالب الخضراء المزرققة (شعبة الطحالب الزرقاء) THE BLUE GREEN ALGAE (PHYLUM CYANOPHYTA)

سميت هذه الكائنات لمدة طويلة طحالب لأنها تشبه الطحالب (التي سيأتي وصفها في الباب اللاحق) من حيث بيئتها وطريقتهما في البناء الضوئي. ومع ذلك فإن هذه الكائنات الخضراء المزرققة بدائية النواة ولذلك فهي أقرب بكثير إلى البكتيريا منها إلى الطحالب الأخرى حقيقية النواة. لهذا السبب يفضل الكثير من العلماء تسميتها بالبكتيريا الزرقاء cyanobacteria (أو البكتيريا الخضراء المزرققة blue green bacteria).



الشكل ٣٢-١٣. النوستوك *Nostoc*. طحالب الخضراء مزرق شائع. الحويصلات المغايرة عديمة اللون يتم فيها تثبيت النيتروجين الجوي. إذا قامت الحويصلات المغايرة بالبناء الضوئي مثل الخلايا الأخرى فإن ان إطلاق الأوكسجين سوف يسمم انزيم النيتروجيناز المسئول عن تثبيت النيتروجين.

على الرغم من أن الكائنات الخضراء المزرقة بدائية النواة وتقوم بالبناء الضوئي إلا أنها تختلف عن البكتيريا التي تقوم بالبناء الضوئي من عدة نواحي هامة. فالكلوروفيل الموجود فيها هو كلوروفيل أ وهو نفس الكلوروفيل الموجود في النباتات (و الطحالب الأخرى) أضف إلى ذلك أنها تستطيع أن تستخدم الماء كمصدر للإلكترونات التي تختزل بها ثاني أكسيد الكربون إلى مواد كربوهيدراتية.



وذلك لأن بها النظام الضوئي ٢ بالإضافة إلى النظام الضوئي ١.

ومثلما في البكتيريا الزاحفة فإن الطحالب الخضراء المزرقة تكون مغلفة بجدار من الببتيد وجلايكان يحيط به غمد صمغى. بعض الأنواع وحيد الخلية، والبعض ينمو على هيئة خيوط من الخلايا المتصلة (الشكل ٣٢-١٢) هؤلاء الذين لهم القدرة على الحركة يفعلون ذلك بالزحف. وقد تم التعرف على مايقرب من ٢٠٠٠ نوع.

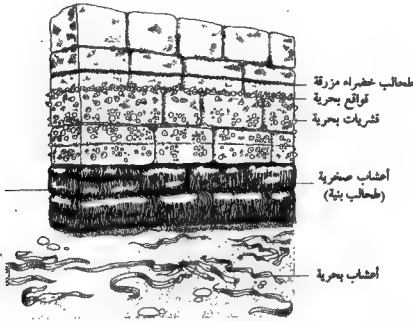
عدد من الطحالب الخضراء المزرقة الخيطية يستطيع تثبيت النيتروجين الجوي ويتم ذلك في حويصلات مغايرة -heterocysts- وهي خلايا عديمة اللون موزعة بين الخلايا التي تقوم بالبناء الضوئي على طول السلسلة (الشكل ٣٢-١٣). إنها هي الأنواع التي تزدهر عندما تصبح الفوسفات (ولكن ليس النترات) متاحة في البرك وفي المياه العذبة. الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للنيتروجين هامة أيضا في المحافظة على خصوبة حقول الأرز.



الشكل ١٤-٣٢. بنوع حار في منتزة يلوستون الوطني. عند حافة الماء تنسج مجموعة هلامية من الطحالب الخضراء المزرقّة. درجة حرارة الماء في اليوم الذي اخذت فيه هذه الصورة كانت ٧٢°م وهي تكفي لطهي بيضة (المساحات الباهتة في اليمين سببها البخار المتصاعد من الماء).

الطحالب الخضراء المزرقّة لديها قوة تحمل فائقة. فبعض الأنواع تنمو بغزارة في الينابيع الحارة لمنتزة يلوستون الوطني عند درجات حرارة تكفي لطهي البيض (الشكل ١٤-٣٢) والشريط الأسود الموجود عند علامة المد العالي على الصخور على طول شاطئ البحر يتكون من الطحالب الخضراء المزرقّة (الشكل ١٥-٣٢) حيث أن كل ما تحتاجه لكي تظل حية هو الضوء والهواء (من أجل النتروجين وثاني أكسيد الكربون) والماء والقليل من الايونات غير العضوية (مثل الفوسفات) فان قدرتهم على الحياة في مثل هذه الظروف القاسية تصبح مفهومة. وحتى عندما تحرم من الماء (عند وقت الجزر مثلا) فان الضمد الجيلاتيني يحفظها من الجفاف.

بالاضافة إلى الكلوروفيل وبيتا-كاروتين تحتوي الطحالب الخضراء المزرقّة على واحد أو اثنين من الأصباغ الاضافية: صبغة زرقاء تسمى فايكوسيانين phycocyanin وصبغة حمراء تسمى فايكوارثرين phycoerythrin الخليط البسيط من الكلوروفيل والفايكوسيانين الموجود في بعض الأنواع يكسبها اللون الأخضر المزرق الذي يعطى للمجموعة كلها إسمها العام. ولكن الأنواع التي تحتوي على الفايكو ارثرين تبدو حمراء أو قرمزية أو بنية أو حتى سوداء. يكتسب البحر الأحمر إسمه من



الشكل ١٥-٣٢ . يكشف المد المنخفض عن توزيع الطحالب عديمة الأعتاق في مناطق على احد مصدات الأمواج . كل منطقة لها أيضا حيوانات التي تميزها . الكائنات المهيبة للصمود في وجه الضربات العنيفة للأمواج والعرض الدوري للهواء هي فقط التي تستطيع ان تعيش هذا . على الرغم من الظروف القاسية فإن مثل هذا المكان يعم بالحياة .

الازدهار الدوري لأحد الطحالب الخضراء المزرقّة ذوى اللون الأحمر الذي يوجد في مياهه .

في المياه الضحلة الدافئة للمحيط تنمو كتل من الطحالب الخضراء المزرقّة والبكتيريا في مستعمرات كبيرة . وتتراكم حول هذه المستعمرات ترسيبات معدنية فتخلق أكوام وأعمدة ذات طبقات تسمى ستروماتوليتات . stromatolites تم العثور على ستروماتوليتات قديمة في التشكيلات الجيولوجية في الكثير من أنحاء العالم وهي تتراوح في العمر من عدة ملايين إلى ٣,٥ بليون سنة . وقد وجدت حفريات مجهرية تشبه الطحالب الخضراء المزرقّة في ستروماتوليتات يبلغ عمرها ٣,١٠ × ١٠ سنة . بعض هذه الحفريات المجهرية جيدة الحفظ لدرجة أنها تنم عما يشبه الحويصلات المغايرة . إذا كانت أقدم الستروماتوليتات قد تكونت بنفس الطريقة ، ولا يوجد ما يدعو إلى الاعتقاد بغير ذلك ، فإننا لا بد أن نستنتج ان الطحالب الخضراء المزرقّة موجودة على الأرض منذ ٣,٥ بليون سنة .

إذا كانت الطحالب الخضراء المزرقة قد ظهرت منذ ٣,٥ بليون سنة فإن بنائها الضوئي المبني على الماء لا بد أنه أطلق أوكسجين جزيئي (O_2) في الغلاف الجوى. مع تراكم الأوكسجين في الغلاف الجوى يصبح الطريق مفتوحا أمام الكائنات شاذة التغذية للحصول على إحتياجاتها من الطاقة بالتنفس الخلوي بدلا من طريقة التخمر ذات الكفاءة المنخفضة. ومع وجود مصدر لا ينضب من الجزيئات العضوية (التي تنتجها الكائنات ذاتية التغذية) وطريقة عالية الكفاءة لاستخلاص الطاقة فان كل إمكانيات الحياة يمكن أن تتحقق.

THE PROCHLOROPHYTA

١٧-٣٢. الطحالب الخضراء الاولى

في عام ١٩٧٦ وجد الباحثون بمعهد سكريبس لعلوم البحار في كاليفورنيا أن بعض الطحالب وحيدة الخلية التي كان يظن أنها تنتمي إلى الطحالب الزرقاء ليست في الواقع من الطحالب الخضراء المزرقة بل مرة. هذه الكائنات بالتأكيد بدائية النواة: فهي لا تحتوي على نواة أو بلاستيدات خضراء أو ميتوكوندريا والريبوسومات فيها تشبه تلك الموجودة في بدائيات النواة وليست كما في حقيقيات النواة. ولكنها تختلف كثيراً عن الطحالب الخضراء المزرقة من حيث عدم إحتوائها على فايكوسيانين أو فايكو إريثرين ومن حيث إحتوائها على كلوروفيل ب مع كلوروفيل أ. هذه هي مجموعة الأصباغ الموجودة في البلاستيدات الخضراء في العديد من الطحالب حقيقية النواة وكذلك كل النباتات الخضراء. في الباب التالي سوف ندرس النظرية التي مؤادها أن البلاستيدات الخضراء قد تطورت من بدائيات نواة وحيدة الخلية غزت خلايا العائل ووجدت لنفسها مكانا دائما بداخلها. لسنوات طويلة كانت الطحالب الخضراء المزرقة تعطى هذا الدور ولكن هذه الكائنات المكتشفة حديثا، والتي أنشئت من أجلها شعبة جديدة هي شعبة الطحالب الخضراء الاولى - قد تكون مؤهلة أكثر لهذا الدور بسبب التشابه الأكبر بين أصباغها وأصباغ البلاستيدات الخضراء عما بين الأخيرة وأصباغ الطحالب الخضراء المزرقة.

THE ARCAEBACTERIA

البكتيريا القديمة

كشفت البحوث الحديثة عن عدة مجموعات من البكتيريا تختلف تماما عن كل

البكتيريا الاخرى التي درسناها في هذا الباب . ولأن بعض هذه البكتيريا له صفات تمكنه من أن يكون من أوائل صور الحياة على الأرض فقد سميت البكتيريا القديمة .

تبدو البكتيريا القديمة مثل بقية البكتيريا . فهي بدائية النواة أي ليس بها نواة حقيقية . ولها أيضا جدار خلوي ولكنه لا يتركب من الببتيدوجلايكان مثلما في بقية أنواع البكتيريا . أضف إلى ذلك أن طريقة تخليق البروتين فيها تختلف من عدة نواحي عن طريقة تخليق البروتين في البكتيريا الاخرى . فمثلا الحامض RNA وجزئيات البروتين التي تتكون منها الريبوسومات مختلفة تماما . في الحقيقة ان طريقة تخليق البروتين فيها تشبه مثليتها في حقيقيات النواة من حيث أنها تتسمم بسم الديفتيريا (أنظر القسم ٣٢-١١) .

أكثر البكتيريا القديمة إنتشارا هي مجموعة تسمى مولدات الميثان methanogens مولدات الميثان ذاتية التغذية الكيميائية وتغطي كل إحتياجاتها الأيضية بإنتاج الميثان من ثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين .



مولدات الميثان لاهوائية بالكامل وكان بإمكانها أن تزدهر تحت الظروف التي يعتقد أنها كانت سائدة في الجو المبكر للأرض . واليوم تعيش في طين المستنقعات (الاسم الشائع للميثان هو غاز المستنقعات marsh gas) كما أن مولدات الميثان تستعمر معدة الأبقار حيث تعيش على الهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون الذي تنتجه أحياء دقيقة أخرى تعيش فيها .

أنواع أخرى من البكتيريا القديمة تعيش في بيئات شديدة الملوحة مثل البحر الميت والبحيرات الملحية العظمية كما توجد البكتيريا القديمة كذلك في المياه الحمضية لبعض الينابيع الكبريتية الحارة .

كل البكتيريا القديمة تصعب زراعتها في المعمل ومن ثم تكون دراستها صعبة ومع ذلك فإن الحقائق التي مازالت تتكشف عن هذه الكائنات تبين أنها مختلفة جذريا عن كل الكائنات الحية الأخرى للدرجة أنها تمثل قسم رئيسي ثالث من أقسام الحياة إلى جانب البكتيريا الحقيقية وحقيقيات النواة .

THE VIRUSES

١٩-٣٢ . الفيروسات

الفيروسات ليست من بدائيات النواة وتكاد لا توجد بها أي من خصائص بدائيات النواة - جدار البيتيوجلايكان ، الريبوسومات . . . الخ . ليس فيها آلات إنزيمية لتخليق ATP أو للقيام بأي نشاطات أيضية أخرى . كما أنها لا تستطيع إكثار أنفسها . وفي الواقع فإنه يمكن للمرء أن يقول إن الفيروسات تفشل في توفير الكثير من مقاييس الحياة (أنظر الباب الأول) بحيث أنه لا يمكن اعتبارها من بين الكائنات الحية أصلا .

إذن لماذا ندرس الفيروسات هنا؟ ولماذا ندرسها أصلا؟ لنبدأ بالإجابة على السؤال الثاني فنقول أنه لا يمكن إنكار أن لها صلة بالكائنات الحية . فإذا كنت قد عانيت من الأنفلونزا أو الحصبة أو كنت تعرف أحد ضحايا شلل الأطفال فانك لابد أن تهتم بمعرفة شيء من العوامل المسببة لهذه الأمراض وهي الفيروسات . أما بالنسبة للسؤال الأول فإن الإجابة في أغلبها تاريخية . فمعظم العلماء الذين يدرسون البكتيريا يدرسون الفيروسات أيضا . ومعظم الطرق المستخدمة في دراسة البكتيريا تستخدم أيضا في دراسة الفيروسات وخاصة تلك الفيروسات - الفيروسات البكتيرية - التي تصيب البكتيريا .

إذا لم تكن الفيروسات كائنات حية فإذا عساها أن تكون؟ دعنا ندرس صفاتها ولعلنا نصل إلى مفهوم محدد عن طبيعتها . للفيروسات مرحلتان في حياتها : مرحلة داخل خلايا حية ومرحلة خارجها . فخارج خلايا العائل تتكون الفيروسات من دقائق متكاملة محددة وبصفة عامة فهي ضئيلة جدا ، البعض منها قطره ٩ نانومتر فقط أي نصف حجم الريبوسوم . ومع ذلك فهناك قليل من الفيروسات الكبيرة نسبيا . فمثلا فيروس جدري البقر Vaccinia يبلغ قطره ٢٣٠ نانومتر (٢٣٠ ميكرون) مما يجعله أكبر من بعض البكتيريا .

كان الحجم الضئيل للفيروسات هو الذي قاد إلى إكتشافها . في عام ١٨٩٢ حضر العالم الروسي ايفانوفسكي مستخلص أوراق الدخان التي كانت مصابة بمرض تبقيع الدخان tobacco mosaic ثم قام بترشيح المستخلص في مصفاة دقيقة جدا لدرجة أن أي بكتيريا موجودة فيه سوف لا تمر . ولدهشته وجد أن الراشح الخالي من البكتيريا ظل يسبب العدوى وناقلا للمرض إذا ما لامس أوراق الدخان السليمة . هكذا تم إكتشاف

فيروس التبقع في الدخان (TMV) tobacco mosaic virus.

في السنوات التي تلت ذلك تم اكتشاف فيروسات قابلة للترشيح ومسئولة عن إصابات في نباتات أخرى وفي الحيوانات وفي البكتيريا (الفيروسات البكتيرية) وفي عام ١٩٣٥ كهرب وندل ستانلي Wendell Stanley العالم العلمي عندما قام بتحضير بللورات من TMV موضحاً أن البللورات تظل محتفظة بقدرتها على الإصابة مهما طال حفظها في زجاجة على الرف. لم يكن هذا هو الشيء الذي يتوقع المرء أن يفعله بكائن حي.

تتكون دقائق الفيروس (تسمى فيروسات Virions) من:

- ١ - قلب داخلي من حمض نووي. بعض الفيروسات بها الحمض DNA. والبعض الآخر به الحمض RNA لا يوجد فيروس يحتوي على الحمضين معاً. في معظم الحالات يكون الحمض النووي على هيئة جزيء واحد.
- ٢ - غلاف من البروتين يحيط به ويسمى العلبنة capsid. العلبنة تحمي الحمض النووي الموجودة في الداخل وتحدد أي نوع من الخلايا تتصل بها الدقيقة الفيروسية وتساعد بطريقة أو بآخرى في غرس الفيروس (أو على الأقل قلبه) في داخل خلية العائل. لبعض الفيروسات مكونات أخرى، مثل الليبيدات في العلبنة، وبعض هذه المواد قد تكون مستمدة من مركبات خلية العائل.

فيروسات الحمض DNA : **The DNA viruses**. معظم الفيروسات لها قلب من الحمض DNA وهذا الحمض يكون على صورة الخلزون المزدوج على طريقة واتسون-كريك. بعض فيروسات الحمض DNA الهامة هي فيروس الجدري smallpox (وجدرى البقر) وفيروس المهرس herpes simplex virus (HSV) وهو الذي يسبب القروح الباردة "Cold Sores" وفيروس SV40 الذي يصيب خلايا الرئيسات primates ويسبب أورام في خلايا القوارض، وعدد من الفيروسات البكتيرية.

سبق أن درسنا العناصر الأساسية لدورة العدوى لفيروسات الحمض DNA البكتيرية في الباب الثاني عشر (انظر الشكل ١٢-٤) وهذه العملية تتكون من خمس مراحل:

١ - تتصل الفيروسات بسطح خلية العائل . لقد كان هذا الانفصال للقلب عن العلبه هو الاساس في تجربة هيرشي وشيس Hershey and Chase وكانت نتيجتها أن الحمض DNA وليس البروتين هو المادة الوراثية (انظر القسم ١٢-١).

٢ - بمجرد الدخول إلى الخلية فان بعض جينات الفيروس البكتيري (الجينات المبكرة The early genes) يتم نسخها (بواسطة الانزيم RNA بوليميريز الخاص بالعائل) وترجمتها (بواسطة الريبوسومات والحمض TRNA الخ الخاصة بالعائل) لانتاج إنزيمات تبني نسخ عديدة من الحمض DNA الخاص بالفيروس وتوقف تكوين (أو حتى تحطم) الحمض DNA الخاص بالعائل.

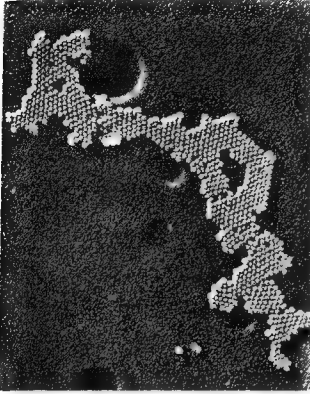
٣ - مع تراكم الحمض DNA الخاص بالفيروس يتم نسخ وترجمة الجينات الاخرى (الجينات المتأخرة The late genes) لتكوين بروتينات العلية.

٤ - تتجمع قلوب الحمض DNA وبروتينات العلبه المتراكمة في فيروسات كاملة.

٥ - يتم نسخ وترجمة جين متأخر آخر إلى جزيئات ليزوزيم . يهاجم اليزوزيم جدار البيبتيدوجلايكان (من الداخل طبعاً) وفي النهاية تنفجر الخلية وتنطلق محتوياتها من الفيروسات . الآن اكتملت الدورة واصبحت جاهزة للتكرار.

فيروسات الحمض RNA : The RNA viruses ، في معظم الفيروسات المحتوية على الحمض RNA يكون الحمض في صورة خيوط مفردة . بعض فيروسات الحمض RNA الهامة هي تلك التي تسبب شلل الاطفال (الشكل ٣٢-١٦) الحمى الصفراء ، داء الكلب rabies التهاب الدماغ في الحصان equine encephalitis الانفلونزا ، التهاب الغدة النكفية mumps والحصبة measles. فيروس TMV هو من فيروسات الحمض RNA وكذلك الفيروس البكتيري المسمى MS₂ الذي درسناه بتفصيل في الباب الثالث عشر (انظر القسم ١٣-٦).

تشبه دورة العدوى في فيروسات الحمض RNA مثل MS₂ دورة العدوى في فيروسات الحمض DNA من نواحي عديدة . بعد ان يدخل خيط الحمض RNA إلى العائل (بكتيريا القولون في حالة الفيروس MS₂) فإنه يعمل كحمض m-RNA ويتم ترجمة جزء منه إلى الانزيم RNA - بوليميريز الذي يستمر في تصنيع نسخ إضافية من الخيط الاصيل . ولكن يقوم بذلك فإنه يتطلب أن يعمل الخيط الاصيل أولاً كقالب

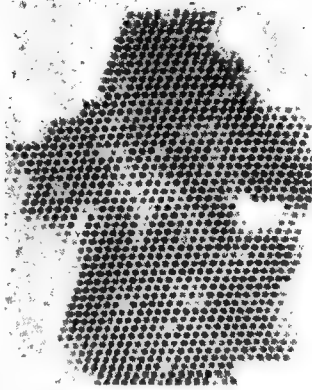


الشكل ٣٢-١٦ . صورة
بالمجهر الإلكتروني لفيروس
شلل الأطفال. (٦٠٠٠٠
مرة، بتصريح من أ. ر.
تايلور).

لتخليق صورة المرأة المكتملة له المساة الوسيط التضاعفي "replicative intermediate" من هذه يتم تخليق خيوط RNA المطابقة للأصل . ومع تراكم جزيئات الحمض RNA حديثة التصنيع تتم ترجمة تلك الأجزاء التي تحمل الشفرة الخاصة ببروتين (أوبروتينات) العبلة . ويلى ذلك تجميع الفيرونيات الكاملة (الشكل ٣٢-١٧) وتحررها من الخلية.

الفيروسات المختفية : Disappearing viruses ، تنتهي دورات العدوى التي وصفناها في السطور السابقة بموت خلية العائل . في معظم الحالات تتحلل الخلايا الحيوانية وتنطلق محتوياتها من الفيرونيات حديثة التكوين . أما الخلايا البكتيرية فانها تنفجر بالمعنى الحرفي للكلمة وهي عملية تسمى التحلل lysis ويسبب هذا المصير فان دورات العدوى تسمى دورات التحلل lytic cycles.

ومع ذلك أحيانا لاتكتمل أحداث دورة التحلل التي تحدث داخل الخلية بعد أن تصاب الخلية البكتيرية بالفيروسات البكتيرية التي تحتوي على الحمض DNA وسرعان ما تستأنف البكتيريا معيشتها العادية بما في ذلك اكثار نفسها أين ذهب الفيروس ؟ انه



الشكل ١٧-٣٢. فيروسات
فيروس شلل الأطفال في
تنظيم بللوري داخل
سيتوبلازم إحدى خلايا
الثدييات. (١١٠٠٠ مرة،
بتصريح من دكتور سامويل
ديلز، جامعة أونتاريو
الغربية).

ما زال هناك بل انه في الواقع يكون موجودا في كل الخلايا الناتجة من الاكثار (مع بعض الاستثناءات). هذه الخلايا تكون مجموعة clone ويمكن إثبات إحتوائها على الفيروس عن طريق معاملتها بالأشعة فوق البنفسجية أو بمواد كيميائية معينة. مثل هذه المعاملة تعيد الدورة التحليلية العادية (ويقال أنه تم إنقاذ الفيروس - وهو ما يصعب أن يقال بالنسبة للعائل).

العلاقة المستقرة بين الفيروس وعائله البكتيري تسمى العلاقة التحليلية lysogeny فالحمض DNA الفيروسي يندمج بالفعل مع الطراز الوراثي لعائله ويتم تضاعف الحمض DNA الخاص بالعائل قبل كل إنقسام خلوي. أثناء العلاقة التحليلية فان الفيروس يسمى بالفيروس الاولي porphage. في بعض الحالات ينغرس الفيروس الاولي مباشرة في كروموسوم العائل ويحدث ذلك عند موضع محدد على الكروموسوم الذي يمكن حينئذ عمل خريطة له بالطرق الوراثية المعروفة. في الحقيقة عندما يتم إنقاذ الفيروس قد تحتوي الفيروسات المنطلقة على بعض من جينات العائل بالإضافة إلى الجينات الخاصة بها وعندما تصيب هذه الفيروسات عوائل جدد فانها تنغرس فيها

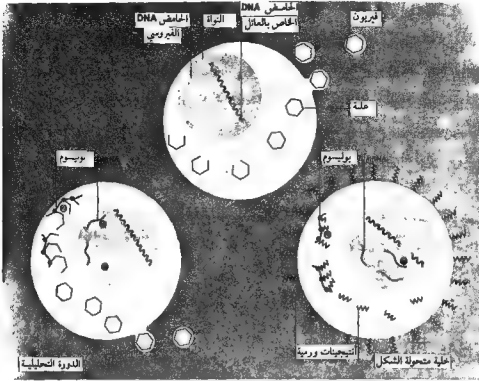
هذه الجينات البكتيرية. عملية النقل الوراثي هذه - التي يكون الوسيط فيها هو الفيروس قد أعطيت إسم خاص هو التحول transduction.

ماذا يفعل الفيروس الاوى بينما هو جزء من الطراز الوراثي لعائلته؟ انه قد يعبر عن جينات معينة من جيناته. فمثلا الجين التركيبى الخاص بتخليق سم الديقثيريا هو من أجزاء الفيروس الاوى (انظر القسم ٣٣-١١) وليس العائل.

يمكن أن تحدث عملية إختفاء مشابهة مع الفيروسات الحيوانية (الشكل ٣٢-١٨) فالفيروس القردى ٤٠ (SV40 - Simian virus 40) هو من فيروسات الحمض DNA له دورة تحليلية في خلايا كلية القرد الافريقي الأخضر ويستطيع أن يصيب أنواع أخرى من الخلايا (مثل الانسان، الفأر، الجرذ) ولكن في تلك الحالة لا تكتمل الدورة التحليلية إلا نادرا. وبدلا من ذلك يختفي الفيروس بطريقة تشبه إلى حد كبير العلاقة التحليلية للفيروسات البكتيرية وتظهر أنتيجينات جديدة على سطح خلية العائل (الشكل ٣٢-١٨). فإذا اندجت الخلية مع خلية من كلية القرد الافريقي الأخضر (انظر القسم ١١-٨) فان هذه الأخيرة تصاب وتحلل.

هذه الاصابات تشبه العلاقة التحليلية من ناحية أخرى. فالحمض DNA الخاص بالفيروس يصبح جزء من الطراز الوراثي لخلية العائل (على سبيل المثال الفيروس SV40 يصبح جزء من الكروموسوم السابع في خلايا الانسان) و يتضاعف كلما مرت خلية العائل بالمرحلة س.

هذه الاصابة الفيروسية الخفية غالبا ما يكون لها نتيجة أخرى فالخلية المصابة يحدث فيها تحول في الشكل ويتغير أيض الخلية في عدة نواحي ولكن أهمها هو أن الخلية لم تعد تنقسم بطريقة منظمة. بالتالي تنمو هذه الخلايا لتعطى أورام خبيثة أو سرطانات Can-cers لذلك فان هذه الفيروسيات تكون مسببة للسرطان Oncogenic عندما تدخل إلى جسم الحيوان المناسب (مثل القوارض والطيور). التحولات الفيروسية يمكن أيضا إحداثها معمليا in vitro أي في مزارع الخلايا فاذا ما أدخلت الخلايا المتحولة في العائل المناسب فانها تتسبب في حدوث السرطان (لاحظ أن استعمال كلمة التحول هنا يختلف تماما عن معنى نفس الكلمة كما استعملناها عند دراستنا للتحولات البكتيرية في الباب ١٢).



الشكل ١٨-٣٢. المصادر البديلة لبعض الأحماض النووية الفيروسية التي تغزو خلايا الثدييات. في بعض الخلايا أو تحت ظروف معينة يدخل الفيروس في دورة تحليلية. عندما يستولى الحمض DNA الفيروسي على آليات الأيض في خلية العائل فإنه يتم نسخه (١)، وترجمته (٢) وتضاعفه (٣) لتكوين المواد اللازمة لتجميع فيروسات جديدة (الجانب الأسفل الأيسر). في خلايا أخرى (الجانب الأسفل الأيمن) يصبح الحمض DNA جزءاً من الحمض DNA للعائل. النسخ (١) والترجمة (٢) لواحد أو أكثر من جيناته ينتج أنتيجينات تترافق على سطح الخلية. مثل هذه الخلية. المتحولة شكلياً قد تأخذ في الانقسام بدون ضوابط أي قد تصبح سرطانية.

القليل من فيروسات الحمض RNA يسبب السرطان إذ أنها أيضاً تستطيع إحداث التحول في الخلايا الحيوانية. ومع ذلك فقبل أن تصبح معلوماتها الوراثية جزءاً من الطراز الجيني للعائل فإنه لا بد من ترجمتها أولاً إلى حمض DNA لقد كانت هذه الفكرة هي التي قادت يمين وبارتيمور للبحث عن إنزيم الحمض DNA بوليميريز المعتمد على الحمض RNA في الخلايا المتحولة. هذا البحث أدى إلى الكشف عن وجود الترانسكريبتيز العكسي reverse transcriptase (انظر القسم ١٣-١٢) - «العكسي» لأنه يتسبب في نقل المعلومات الوراثية من الحمض RNA إلى الحمض DNA بدلاً من الاتجاه المعتاد أي من الحمض DNA إلى الحمض RNA.

ملخص Summary: اذن ما هو الفيروس؟ إنه حمض نووى قادر على إحداث إصابة ومعبأ في تجمع من الجزيئات الكبيرة (العلبة) هي التي تحدد إلى درجة كبيرة الخلايا التي تصاب به. وما أن يدخل إلى خلية العائل فإن هذا الحمض النووى قد يفعل أحد شيئين. فقد يعيد توجيه كل العمليات الايضية لخلية العائل تقريبا (مثل انزيمات تخليق ATP الريبوسومات ، الحمض tRNA) إلى هدف واحد هو إنتاج نسخ إضافية من نفسه (في دورة التحليلية) أو قد يختفي حيث يتنكر لبعض الوقت كجزء من الطراز الوراثي لعائله. قد تكون النتائج بالنسبة للعائل طفيفة مثل إنتشار القروح الباردة عندما يعمل الضغط النفسي أو التعرض للضوء على تحويل حالة كامنة من الإصابة بفيروس الهربس (HSV) إلى فيروس تحلي. ولكن هذه النتائج قد تكون خطيرة - مثلما تهرب خلية العائل المصابة من الاليات العادية المنظمة للجسم وتنمو بدون تحكم إلى سرطان. وانى أترك لكم إتخاذ القرار إذا كان الفيروس حيي أو غير ذلك.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

بدائيات النواة هي كائنات وحيدة الخلية (احيانا في مستعمرات) ليس فيها: (١) نواة، (٢) ميتوكوندريا، (٣) بلاستيدات، (٤) جهاز جولجي، (٥) انابيب دقيقة. جينات بدائيات النواة تكون مرتبة على كروموسوم مفرد يختلف عن كروموسومات حقيقيات النواة في عدم إحتمالة على هستونات. وحينما يحدث التكاثر الجنسي في بدائيات النواة فانه يحدث بالانتقال غير الموجه للجينات من خلية إلى أخرى. لا الانقسام غير المباشر ولا الانقسام الاختزالي يحدث في بدائيات النواة. بدائيات النواة فيها ريبوسومات ولكن هذه تختلف في التركيب عن الريبوسومات الموجودة في حقيقيات النواة.

البكتيريا وأقاربها من بدائيات النواة. خلايا البكتيريا يحيط بها جدار صلب مكون من الببتيد وجلايكان. الأغشية الداخلية موجودة في البكتيريا (وبعض بدائيات النواة الأخرى). ولكن هذه لاتكون عضيات أبدا مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء.

تعيش معظم البكتيريا شاذة التغذية مترمة. ومع ذلك فالقليل منها يكون متطفل ويكون مسئولا عن الإصابة بأنواع من الأمراض في الانسان والحيوانات الأخرى والنباتات.

هناك الكثير من بدائيات النواة التي تقوم بالبناء الضوئي . بكتيريا البناء الضوئي بالمعنى التقليدي لكلمة بكتيريا تستخدم مادة أخرى غير الماء كمصدر للإلكترونات اللازمة للبناء الضوئي . وعلى ذلك فهذه الكائنات لا تنتج الاوكسجين اثناء البناء الضوئي . الطحالب الخضراء المزرقه - البعض يسميها البكتيريا الزرقاء - تستخدم الماء وتطلق الاوكسجين اثناء البناء الضوئي . الطحالب الخضراء المزرقه يوجد بها كلوروفيل أ وكلوروفيل ج وقد تم حديثا إكتشاف بدائيات نواة تحتوي على كلوروفيل أ وكلوروفيل ب - وهي نفس الاصباغ التي تستخدمها النباتات .

البكتيريا القديمة هي بدائيات نواة وحيدة الخلية تشبه البكتيريا الاخرى في المظهر وإن كانت تختلف عنها من عدة نواحي أساسية . بالذات من حيث (١) ليس لها جدار من الببتيدوجلايكان ، (٢) تركيب الجزيئات التي تتكون منها الريبوسومات مختلف . الفيروسات عبارة عن دقائق تتكون من قلب يحتوي على حمض نووي (وغالبا جزيئات بروتين كذلك) ومحاط بعلبة من البروتينات وفي بعض الحالات جزيئات أخرى مثل الليبيدات تعمل العلبه على حقن القلب في خلية عائل مناسب . الحمض النووي الموجود في القلب - DNA في البعض و RNA في البعض الآخر - يحمل عدد من الجينات التي قد تغير مسار آليات الأيض لخلية العائل لتصنيع دقائق فيروسية جديدة . في بعض المواقف قد تصبح جينات الفيروس البكتيري جزء من الطراز الوراثي لخلية العائل ، وهي عملية تسمى بالعلاقة التحليلية . ظاهرة مماثلة قد تحدث في الخلايا الحيوانية وأحيانا قد تنتسب في جعل الخلية مرطانية .

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - ميز بين (أ) البكتيريا الحقيقية ، (ب) الميكوبلازومات ، (ج) الريكتسيا (د) الفيروسات .
- ٢ - وضع ما إذا كان كل من الآتي مميزا لبدايات النواة أو لحقيقيات النواة أو لكليهما :
(أ) الشبكة الاندوبلازمية ، (ب) الريبوسومات ، (ج) المغزل ، (د) الحمض DNA (س) الشكل D للاحماض الامينية ، (ص) الهستونات ، (ع) الانقسام غير المباشر (ل) التسمم بسم الديفتيريا .
- ٣ - ميز بين التحول الشكلي والتحول والتزاوج في البكتيريا . ماذا يحقق كل منها ؟

- ٤ — ماهي أوجه التشابه بين البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة ؟
- ٥ — بعض علماء الأحياء يقولون ان دقائق تشبه الفيروسات كانت أول أشكال الحياة على الأرض . ما هو الدليل الذي يدعم هذه النظرية ؟ وما هو الدليل الذي يضعفها ؟
- ٦ — خلايا النوع *Oscillatoria erythraea* لونها أحمر فاتح . لماذا إذن يصف هذا النوع ضمن الطحالب الخضراء المزرقة ؟
- ٧ — ماهي أوجه التشابه بين الحمض DNA والحمض RNA في الفيروسات ؟ وما هي أوجه الاختلاف بينهما .

REFERENCES

المراجع

1. STAINER, R. Y., E. A. ADELBERG, and J. INGRAHAM, The Microbial World, 4th ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976. A comprehensive treatise with emphasis on the bacteria.
2. BROCK, T. D., ed. Milestones in Microbiology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1961. Includes original reports Pasteur on lactic acid fermentation, by Koch on anthrax and tuberculosis, by Stanley on the crystallization of TMV, by Gram on his stain, and many, others. Reprinted in 1975 by the American Society for Microbiology.
3. ECHLIN, P., The Blue-Green Algae, Scientific American, Offprint No. 1044, June, 1966.
4. WOESE, C. R., Archaeobacteria, Scientific American, June, 1981.
5. SCHOPE, J. W., The Evolution of the Earliest Cells, Scientific American, Offprint No. 1402, September, 1978.
6. SANDERS, F. K., The Growth of viruses, Oxford Biology Readers, No. 64, Oxford University Press, Oxford, 1975.
7. SPECTOR, DEBORAH H., and D. BALTIMORE, The Molecular Biology of Poliovirus, Scientific American May, 1975. A detailed account of the lytic cycle of this RNA virus.
8. RAFERTY, K. A., JR., Herpes Viruses and Cancer, Scientific American

October, 1973. Describes how hepes viruses, on occasion, fail to complete their normal lytic cyce and, instead, induce malignancy in their host cell.

9. CAMPBELL, A. M., How Viruses Insert Their DNA into the DNA of the Host Cell, Scientific American, Offprint No. 1347, December, 1976.

CHAPTER 33

الباب الثالث والثلاثون

البروتيسا والفطريات

THE PROTISTS AND FUNGI

THE KINGDOM PROTISTA

مملكة البروتيسا :

CHARACTERISTICS

١-٣٣ : المميزات :

THE EVOLUTION OF EUKARYOTES

٢-٣٣ : تطور حقيقيات النواة :

THE RHIZOPODS

٣-٣٣ : جذرية القدم :

(PHYLUM SARCODINA)

(شعبة اللحميات)

THE FLAGELLATES

٤-٣٣ : السوطيات :

(PHYLUM MASTIGOPHORA)

(شعبة السوطيات)

THE CILIATES

٥-٣٣ : الهدبيات :

(PHYLUM CILIOPHORA)

(شعبة الهدبيات)

THE SPOROZOANS

٦-٣٣ : الحيوانات الجرثومية (أو البوغية)

(PHYLUM SPOROZOA)

(شعبة الحيوانات الجرثومية)

THE EUKARYOTIC ALGAE

٧-٣٣ : الطحالب حقيقية النواة :

THE RED ALGAE

٨-٣٣ : الطحالب الحمراء :

(PHYLUM RHODOPHYTA)

(شعبة الطحالب الحمراء)

THE DINOFAGELLATES	٩-٣٣ : الطحالب السوطية :
(PHYLUM PYRR OPHYTA)	(شعبة الطحالب السوطية)
THE EUGLENOPHYTES	١٠-٣٣ . الطحالب اليوجلينية
(PHYLUM EUGLENOPHYTA)	(شعبة الطحالب اليوجلينية)
THE GREEN ALGAE	١١-٣٣ : الطحالب الخضراء :
(PHYLUM CHLOROPHYTA)	(شعبة الطحالب الخضراء)
THE GOLDEN ALGAE	١٢-٣٣ : الطحالب الذهبية :
(PHYLUM CHRYSOPHYTA)	(شعبة الطحالب الذهبية)
THE BROWN ALGAE	١٣-٣٣ . الطحالب البنية :
(PHYLUM PHAEOPHYTA)	(شعبة الطحالب البنية)
THE SLIME MOLDS	١٤-٣٣ : الفطريات الهلامية :
(PHYLUM MYXOMYCETES)	(شعبة الفطريات الهلامية)
THE KINGDOM FUNGI	ملكة الفطريات :
CHARACTERISTICS	١٥-٣٣ : المميزات :
THE PHYLUM PHYCOMYCETES	١٦-٣٣ : شعبة الفطريات الطحلبية :
THE PHYLUM ASCOMYCETES	١٧-٣٣ : شعبة الفطريات الزقية :
THE PHYLUM BASIDIOMYCETES	١٨-٣٣ : شعبة الفطريات البازيدية :
THE FUNGI IMPERFECTI	١٩-٣٣ : الفطريات الناقصة :
(PHYLUM DEUTEROMYCETES)	(شعبة الفطريات الناقصة)
THE LICHENS	٢٠-٣٣ : الأشن :
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب الثالث والثلاثون

البروتيستات والفطريات

حقيقيات النواة سائدة بكل المقاييس على الأرض . فمن بين ١,٢ مليون نوع من الكائنات الحية الموجودة على الأرض اليوم يوجد بضع آلاف فقط من بدائيات النواة . كيف يمكن تصنيف هذا التجمع الهائل؟ بعض علماء الأحياء يفضلون مملكتين: النباتات والحيوانات . ومع ذلك فإن مثل هذا النظام يعني أن بعض الأشكال (مثل الأعشاب البحرية والخمائر) يجب أن تضم مع النباتات مع أنها قد لا تمت بصلة لنبات نجيلي أكثر مما تمت أنت إليه بصلة . سوف نقسم حقيقيات النواة إذن إلى أربع مجموعات أو ممالك: البروتيستا والفطريات والنباتات والحيوانات . من هذه كانت البروتيستا أول ما ظهر .

THE KINGDOM PROTISTA

مملكة البروتيستا :

CHARACTERISTICS

١-٣٣ المميزات :

كل شعبة نضعها في البروتيستا تشتمل على بعض الأفراد وحيدة الخلية (مع إستثناء واحد) . الكثير من الشعب تحتوي أيضا على أنواع تكون أفرادهم عديدة الخلايا ولكن ليس في أي من هذه الشعب أي أنسجة متخصصة أو أعضاء . . . إلخ مثلما يوجد في النباتات والحيوانات .

الاسم بروتيستا Protista يعني حرفيا الأول "the very first" وعلى الرغم من أن علاقاتها التطورية مازالت غامضة تماما فإنه شبه مؤكد أن معظم الشعب التي تشتمل عليها البروتيستا (١١ شعبة) قد ظهرت على الأرض قبل النباتات والحيوانات وقد تكون

شعبة أو شعبتان ظهرتا على الأرض فيما بعد ولكن بصورة مستقلة عن النباتات والحيوانات وبدون أن تصل مطلقا إلى ما فيها من التعقد التركيبي والتباين.

٢-٣٣ : تطور حقيقيات النواة THE EVOLUTION OF EUKARYOTES

كيف نشأت البروتيسا؟ ربما كانت أكثر النظريات التي تحاول الإجابة على هذا السؤال إثارة أن حقيقيات النواة الأولى هذه قد نشأت بالتجمع التكافلي (symbiotic as- sociation لنوعين أو أكثر من بدائيات النواة. وحسب هذه النظرية فإن الميتوكوندريا الموجودة في خلايا حقيقيات النواة كانت يوما ما بكتيريا هوائية تعيش متكافلة داخل عائلها (التكافل الداخلي (endosymbiosis). البلاستيدات الخضراء يعتقد أنها منحدرت من طحالب بدائية من المحتمل أن تكون من الطحالب الخضراء المزرققة أو من أسلاف الطحالب الخضراء الأولية (أنظر القسم ٣٢-١٧). ولقد اقترح البعض أن السبيروكينات المتكافلة داخليا قد أمدت الأسواط والأهداب وبها تكتمل الأجسام الأساسية التي يبنى منها المغزل ويصبح الانقسام غير المباشر ممكنا. دعنا نفحص الدليل الذي يؤيد هذه النظرية.

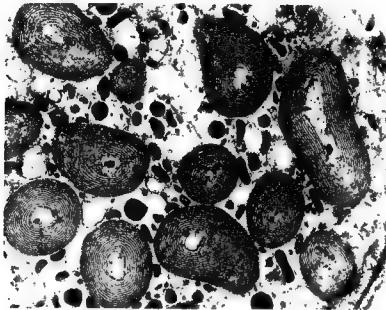
كل من الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء (وكذلك الأجسام الأساسية) شبه ذاتية النشأة semiautonomous بمعنى أنها تستطيع مضاعفة نفسها مستقلة عن تضاعف الخلية التي توجد بها. هذه الخاصية تزداد وضوحا عندما نتذكر أن كلا من الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء لها نظامها الوراثي الضامر المنفصل تماما عن النظام الوراثي للنواة. كل منها بها الحمض DNA وآلية تخليق البروتين الخاصة بها. الشيء الغريب حقا أن هذه الآلية الوراثية تشبه تماما ما في بدائيات النواة. فالحمض DNA موجود كجزء واحد تماما كما هو الحال في البكتيريا والطحالب الخضراء المزرققة. كما أنه ليس معقدا بالهستونات مثل الحمض DNA الموجود في كروموسومات حقيقيات النواة. من ناحية أخرى فإن بعض جينات الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء تكون مفصولة بواسطة إنترونات (أنظر القسم ١٤-٤) وهي خاصة تكون موجودة عادة في جينات حقيقيات النواة. كذلك فإن الشفرة الوراثية الموجودة في الميتوكوندريا تختلف بعض الشيء عما هو موجود في كل من البكتيريا وحقيقيات النواة (أنظر القسم ١٣-٦).

هناك تشابهات أيضا بين آليات تخليق البروتين في الميتوكوندريا والبلاستيدات

الخضراء وفي بدايات النواة. حجم وخواص الريبوسومات الموجودة في داخل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء يشبهان ما في البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة وليس كما في السيتوبلازم المحيط بهما في حقيقيات النواة. عدد من المضادات الحيوية مثل ستربتومايسين يمارس عمله عن طريق التدخل في تخليق البروتين في البكتيريا ولكن ليس في العائل من حقيقيات النواة. ومع ذلك فإن هذه المضادات الحيوية تمنع تخليق البروتين في داخل البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا. وبالعكس فإن المركبات المانعة لتخليق البروتين في سيتوبلازم حقيقيات النواة مثل سم الديفتيريا ليس لها مثل هذا التأثير على تخليق البروتين في البكتيريا ولا على تخليق البروتين في داخل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء. عند تفتيت الريبوسومات من بلاستيدات *Euglena* الجليجليا إلى مكونات الأساسية ثم السماح لها بإعادة التجمع ولكن مع وحدات تكملية من ريبوسومات بكتيريا القولون *E. coli* فإن الهجين المركب الناتج يعمل بكل كفاءة. المضاد الحيوي ريفاميسين *rifampicin* الذي يمنع بوليميريز الحمض RNA في البكتيريا ليس له نفس هذا التأثير داخل النواة في حقيقيات النواة ولكنه يمنع بوليميريز الحمض RNA في داخل الميتوكوندريا.

العلاقة غير العادية بين الخلية وبين عضياتها أصبحت الآن على الأقل إجبارية. وعند فصلها عن بعضها فإن كل واحدة منها لا تستطيع أن تنمو بمفردها ولكن هذه العلاقة الوثيقة قد تعكس مرحلة متوسطة في العملية التي إنتهت إلى البلاستيدات الخضراء الحديثة. التي تحتفظ بجيناتها الخاصة ولكنها تعتمد على الجينات النووية الخاصة بالعائل في الوظائف الأساسية.

دعنا ندرس مثال. خطوة رئيسية في تفاعلات الظلام في البناء الضوئي هي أخذ ثاني أكسيد الكربون بواسطة ثاني فوسفات الريبولوز (إرجع إلى الشكل ١٨ - ١٨). هذه الخطوة يحفزها إنزيم ثاني فوسفات الريبولوز كربوكسيليز. هذا البروتين يتكون مع نسخ عديدة من نوعين من الوحدات إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة. الجين التركيبي الذي يحمل شفرة عديد الببتيد للوحدات الكبيرة هو جزء من جزيء مفرد من الحمض DNA الموجود في البلاستيدة الخضراء. يتم تخليق هذه الوحدة على ريبوسومات البلاستيدة الخضراء (أي بدائية النواة) من ناحية أخرى تكون شفرة الوحدات الصغيرة موجودة في جين نووي ويتم تخليقها على ريبوسومات حقيقية النواة في سيتوبلازم الخلية.



الشكل ١-٣٣. جلاوكوسيتيس نوستوكيناريوم *Glaucothrix nostochinearum* وهو طحالب أخضر وحيد الخلية. لا توجد به بلاستيدات خضراء من النوع الموجود عادة في الطحالب الخضراء ولكنه يقوم بالبناء الضوئي بواسطة عضيات تشبه الطحالب الخضراء المزرققة. (الأجسام البيضاء الكبيرة). لاحظ وجود جزء من جدار الخلية في الجزء الأيمن السفلي (التكبير ١٠٠٠ مرة بتصريح من باتريك اكلين).

موقف مشابه يحدث في الميتوكوندريا. فجينات الميتوكوندريا تكون مسئولة عن أجزاء معينة من الميتوكوندريا (مثل الحمض RNA الخاص ببريوسوماتها وعديدات البيبتيد اللازمة لتخليق السيتوكروم ب). من جهة أخرى تكون الجينات النووية مسئولة عن الأجزاء الأساسية الأخرى في الميتوكوندريا مثل السيتوكروم ج وإنزيمات بوليميريز الحمض DNA وبوليميريز الحمض RNA. فإذا كانت البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا هي حقا النتائج التطوري للتكامل الداخلى فإنه يكون واضحاً لماذا لم تعد هذه العضيات قادرة على المعيشة المستقلة.

متى ظهرت البروتيسا حقيقية النواة لأول مرة على الأرض؟ لأن كل حقيقيات النواة الحديثة تقريباً هوائية فإنه يمكننا أن نستنتج أنها ربما لم تظهر حتى استطاعت الطحالب بدائية النواة (الطحالب الخضراء المزرققة) أن تطلق كميات كبيرة من الأوكسجين في الغلاف الجوي. وربما تكون هذه العملية قد بدأت منذ ٢ أو ٣ بليون سنة. ولكن ما يزال غير مؤكد متى بدأت الحياة في الاستفادة من الفرصة السانحة للمعيشة الحيوانية

وللتحول الى الصور حقيقية النواة. عدد كبير من الحفريات المجهرية التي عثر عليها كانت في صخور يبلغ عمرها حوالي بليون سنة (الشكل ٣٣-٢).

ماهي أول بروتيستا حقيقية النواة؟ إننا ببساطة لانعرف. ولكننا اذا وضعنا في خلية نواة وميتوكوندريا وبعض الأنابيب الدقيقة وربما سوط فاننا نحصل على مخلوق من الذي نسميهم الآن بالحيوانات الأولية protozoa.

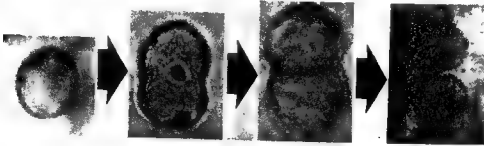
كلمة الحيوانات الأولية protozoa لم تعد الآن من المصطلحات التصنيفية الرسمية ولكنها مجرد اسم شائع لحوالي ٣٠٠٠٠ من الكائنات الضئيلة وحيدة الخلية غير الخضراء.

وفيا عدا التشابه في هذه الصفات البسيطة فان المجموعة فيها تباين غير عادي. وسوف ننسب أفرادها الى واحدة من أربع شعب على أساس طريقة الحركة. وربما كان ذلك مقياس غير كاف لتحديد درجة القرابة وعلى ذلك فان نظامنا التصنيفي يكون غير طبيعي على الأقل جزئيا. وإذا كان لهذا النظام أن يصبح طبيعيا فان ذلك ربما يتطلب إنشاء عدة شعب أخرى للحيوانات الأولية.

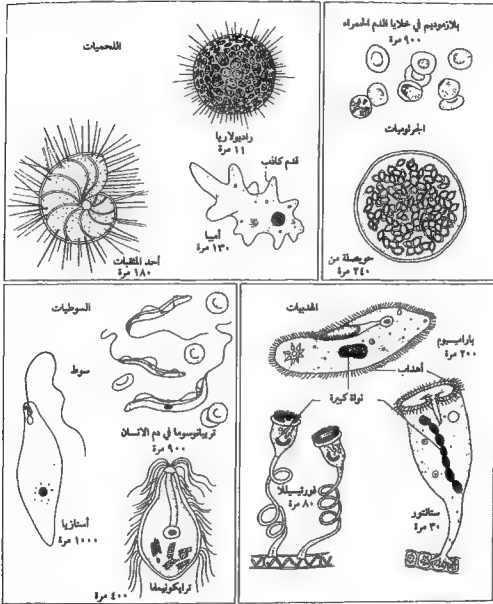
٣-٣٣: جلدرية القدم : (شعبة اللحميات)

THE RHIZOPODS (PHYLUM SARCODINA)

أفراد هذه الشعبة يتحركون بانسياب محتويات الخلية الى نتوءات مؤقتة تسمى الأقدام الكاذبة pseudopodia. الأميبا amoeba (الشكل ٣٣-٢) هي المثال



الشكل ٣٣-٢. طحالب مجهرية من أستراليا. هذه الحفريات تبلغ من العمر 850 ± 100 مليون سنة. التابع المين هنا يوحى بدوث انقسام الخلية بالانقسام غير المباشر. (بتصریح من ج. ويليام شويغ).



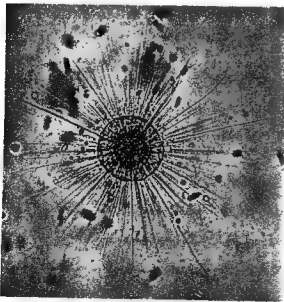
الشكل ٣٣-٣. عينة تمثل الشعب الأربع للمحيوانات الأولية.

التقليدي للمجموعة ومنها اكتسبت هذه الطريقة في الحركة اسمها بالحركة الأميبية amoeboid حجم الأميبا يساوي تقريبا حجم إحدى النقاط المطبوعة على هذه الصفحة وهي تعيش في المياه العذبة (بما في ذلك في المياه العذبة المستخدمة في ترطيب جو المنازل حيث أشير إليها على أنها سبب حدوث مرض الحساسية المسمى حمى المرطبات "humidifier fever" عند بعض الأشخاص). ولكن الأخطر من ذلك بكثير هي الأميبا

الطفيلية الموجودة في المناطق الأستوائية. هذه الطفيليات المعوية تسبب الدوستاريا الأميبية. اذ تتغذى الأميبا بالآلتها phagocytosis ومع إستثناءات نادرة فانها تتكاثر لاجنسيا فقط.

عادة تنضم الى هذه الشعبة مجموعتان كبيرتان من الحيوانات الأولية البحرية. الأولى هي المثقبات foraminifera وهي محمية بهيكل خارجي عديد الغرف من كربونات الكالسيوم. السفوح الطباشيرية عند دوفر بانجلترا تكونت من ترسبات من أصداف المثقبات. أما الثانية وهي الشعاعيات radiolaria فهي شائعة بصفة خاصة في المحيط الهندي وفي المحيط الهادي. هذه الكائنات لها هيكل داخلي من السيليكا غالبا ما يكون في غاية التعقيد والجمال (الشكل ٣-٣٣). على الرغم من وجود الأقدام الكاذبة في هاتين المجموعتين إلا أنه من المحتمل ألا تكون هذه الكائنات وثيقة الصلة بالأميبا أو حتى فيما بينهما. وربما كان من الواجب وضع كل منهما في شعبة خاصة بها. ونفس الشيء ينطبق على الحيوانات الشمسية heliozoans. أغلب هذه المخلوقات الجميلة (الشكل ٤-٣٣) تعيش في المياه العذبة. الأقدام المحورية axopods التي تشع من الخلية تكون مدعمة بنظام محكم التوجيه من الأنابيب الدقيقة (الشكل ٥-٣٣).

كل ذلك بد لنا على أن البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا تشترك في كثير من الصفات مع الخلايا بدائية النواة. ولكن ماذا عن الدليل على أن بدائيات النواة يمكن



الشكل ٤-٣٣. أكتينوسفيريم

Actinosphaerium ، أحد

الحيوانات الشمسية التي تعيش في

المياه العذبة. الخيوط الدقيقة هي

الأقدام المحورية وهي تحافظ على

شكلها بمجموعة متوازنة من

الأنابيب الدقيقة. أي شيء يعمل

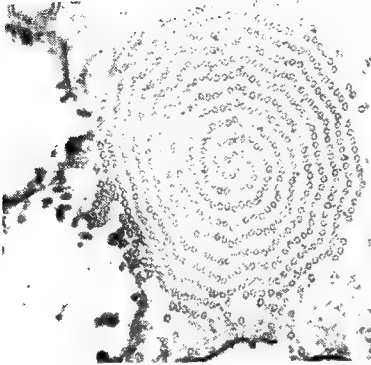
على تشتيت البلورات الثابتة لمادة

التيوبيولين في الأنابيب الدقيقة

يسبب إخفاء الأقدام المحورية.

(بتصريح من دكتور لويس ج.

تيلني، جامعة بنسلفانيا).



الشكل ٣٣-٥. قطاع عرضي في أحد الأقدام المحورية لأحد الحيوانات الشمسية كما يرى بالمجهر الإلكتروني. الترتيب المحكم للأنايب الدقيقة ضروري للمحافظة على تركيب هذه الإمتدادات السيتوبلازمية. (بتصريح من دكتور لويس ج. تيلفي).

في الواقع أن تقييم علاقات تكافل داخلي؟ هناك عدد من الكائنات شاذة التغذية تستغل الكائنات داخلية التكافل التي تقوم بالبناء الضوئي. في أغلب الحالات تكون هذه الكائنات داخلية التكافل من بدائيات النواة أي من الطحالب الخضراء الزرقاء. الشكل ٣٣-١ هو صورة بالمجهر الإلكتروني لطحلب أخضر وحيد الخلية فقد بلاستيادته الخضراء ولكنه مازال قادرا على أداء البناء الضوئي بفضل اكتسابه لتراكيب تشبه (في التركيب وفي الكيمياء الحيوية) الطحالب الخضراء المزرقاء وحيدة الخلية.

٣٣-٤: السوطيات (شعبة السوطيات)

THE FLAGELLATES (PHYLUM MASTIGOPHORA)

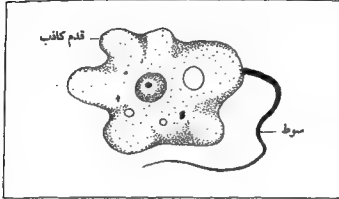
كما يوحي الاسم فإن السوطيات تتحرك بواسطة واحد أو أكثر من الأسواط. هذه الأسواط تتركب من أنابيب دقيقة مرتبة في نمط $9 + 2$ الذي درسناه في القسم ٣٠-١٢. فيها عدا هذه الصفة المشتركة فإن هذه المجموعة غير متجانسة جدا. فهي تشمل أشكال مثل أستاسيا *Astasia* (الشكل ٣٣-٣) والذي كان يمكن أن نسميه يوجلينا *Euglena* ونصنفه مع الطحالب لو أنه كان يحتوي على بلاستيادات خضراء.

عدد من أنواع السوطيات (مثل التريكونيمفا *Trichonympha* - الشكل ٣٣-٣). واليكزوتريكيا (*Myxotricha*) تعيش في أحشاء النمل الأبيض وتضم دقات الخشب التي يأكلها النمل الأبيض ولكنهم لا يستطيعون الهضم لأنفسهم. يبدو الميكزوتريكيا كما لو كانت تغطيه الأسواط ولكن أربعة فقط من هذه الأسواط تكون حقيقية أما الباقي فانها في الواقع سبيروكيتات تلتصق بسطحه وتعمل حركتها السوطية على تمكين هذا المخلوق من السباحة وهو لا يستعمل أسواطه إلا في التوجيه فقط. هذه العلاقة الغريبة لها أهمية خاصة إذ أنها تعكس الطريقة التي يجتمل أن تكون الأسواط والأنابيب الدقيقة قد نشأت بها. في الواقع هناك دليل على أن السبيروكيتات هذه تحتوي على التيوبولين وهو المادة الحام التي تتكون منها الأنابيب الدقيقة.

في مساحات كبيرة من أفريقيا تنطفل مجموعة أخرى من السوطيات من جنس تريبانوساما *Trypanosoma* على الانسان والماشية. التريبانوسوما يسبب مرض النوم في الانسان ومرض ناجانا *nagana* في الماشية. في كلتا الحالتين فانها تدخل إلى تيار الدم للعائل بواسطة لدغة من ذبابة تسمى *tsetse fly*.

تعيش التريبانوسومات في الدم (الشكل ٣٣-٣) والمرض الذي تسببه طويل الأمد وخطير. لماذا لا يستجيب جهاز المناعة لهؤلاء الغزاة ومحطمهم؟ في الواقع يستجيب الجسم لوجود التريبانوسومات بتكوين أجسام مضادة لهم ولكن ما أن تصبح الاستجابة فعالة حتى تغير التريبانوسومات من محددات الأنتيجينات *antegenic determinants* الموجودة على سطحها وتتفادى التحطيم! ويحاول جهاز المناعة مرة أخرى ومرة أخرى تخنبيء التريبانوسومات بتغيير محددات الأنتيجينات بها.

تتحرك بعض السوطيات كذلك بالأقدام الكاذبة. وقد يكون لديها كلا الطريقتين في وقت واحد (الشكل ٣٣-٦) أو قد يكون لديها إحدى الطريقتين أو الأخرى حسب ما تمليه الظروف. وجود مثل هذه الأشكال يوحى بوجود علاقة وثيقة بين هذه الشعب. وفي الواقع فقد اقترح الاسم السوطيات الجذرية *Rhizoflagellata* لكي يضم جذريات القدم والسوطيات معا. فيما عدا غياب البلاستيدات الخضراء فانهم فيما بينهم يشتملون على كل أجهزة حقيقيات النواة ولهذا السبب فان البعض يعتبر أن السوطيات الجذرية الأولى هي المصدر الذي تطورت منه كل حقيقيات النواة الأخرى.



الشكل ٦-٣٣. يتحرك
الماستيجماليا *Mastigamoeba*
بواسطة قدم كاذب وسوط.

٥-٣٣ : الهدبيات (شعبة الهدبيات)

THE CILIATES (PHYLUM CILIOPHORA)

تتحرك الهدبيات بواسطة الضربات الأيقاعية للأهداب. والأهداب مثل الأسواط تتركب على أساس النمط $9 + 2$ من الأنايب الدقيقة وعلى الرغم من أن كل الهدبيات وحيدة الخلية إلا أن بعضها كبير للدرجة أنه يمكن رؤيته بالعين المجردة. والمثال التقليدي لهذه المجموعة هو الباراميسيوم *Paramecium* وهو يوجد عادة في المياه العذبة مع غيره من الهدبيات مثل ستنطور *Stentor* وفورتيسيللا *Vorticella* (الشكل ٣-٣٣) وعلى النقيض من الحيوانات الأولية الأخرى فإن الهدبيات جميعا وثيقة الصلة ببعضها، أو بعبارة أخرى فإن هذه المجموعة طبيعية.

تغذى الهدبيات بسحب تيار من الماء المحمل بالدقائق إلى فم وبلعوم. تتغذى فجوات غذائية عند قاع البلعوم ثم تتحرك في داخل السيتوبلازم حيث يتم هضم محتوياتها أما المواد غير القابلة للهضم في الفجوات (مثل أصداغ الدياتومات) فإنها تطرد إلى الخارج بواسطة الأخراج (من خلال ثقب مستديم). الهدبيات التي تعيش في الماء العذب تغلب على الأنسياب المستمر للماء إلى داخلها عن طريق ضخه إلى الخارج بواسطة واحدة أو إثنين من الفجوات القابضة Contractile Vacuoles. الهدبيات الطفيلية التي تعيش في وسط متعادل التوتر ليس لديها فجوات قابضة.

لهديبيات واحدة أو أكثر من الأنوية الدقيقة micronuclei ونواة واحدة كبيرة macronucleus متضاعفة العدد الكروموسومي polyploid تكون النواة الكبيرة

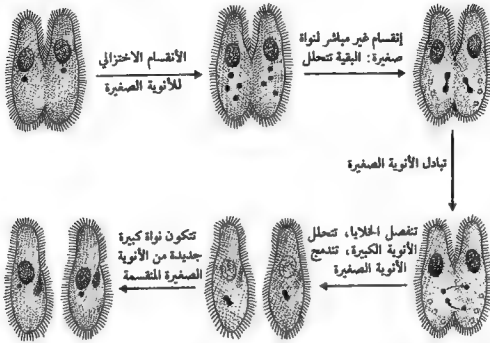
مسئولة عن تشغيل التشايطات الأيضية العامة في الخلية وربما كان حجمها الكبير إنعكاسا للحجم الكبير من السيتوبلازم في هذه المخلوقات. الأنوية الصغيرة تكون مسئولة عن التكاثر الجنسي ومن حين إلى آخر عن تكوين نواة كبيرة جديدة.

التكاثر اللاجنسي في الهدييات يتم بالانشطار fission حيث تنفصل كروموسومات الأنوية الصغيرة على مغزل أما النواة الكبيرة فانها ببساطة تنفلق إلى نواتين.

تتكاثر الهدييات جنسيا أيضا. دعنا نفحص التكاثر الجنسي كما يحدث في واحد من الهدييات هو باراميسيوم كوداتم *Paramecium caudatum*. هذه العملية تسمى بالاقتران Conjugation. تتجاور خليتان جنبا إلى جنب (الشكل ٣-٣٣) وينشأ جسر سيتوبلازمي بينهما وتمزق النواة الصغيرة بكل منها بمرحلة الانقسام الاختزالي (ارجع إلى القسم ٥-٩) ثم تتحلل ثلاث من الأنوية أحادية العدد الكروموسومي الناتجة. أما الرابعة فتتقسم إنقسام غير مباشر. تتحرك نواة بنوية واحدة من كل خلية عبر الجسر السيتوبلازمي وتلتحم مع النواة الباقية في الخلية الأخرى (الشكل ٧-٣٣) وعندئذ تنفصل الخليتان. وبينما تتحلل النواة الكبيرة فان الأنوية الصغيرة تمر بعدة إنقسامات غير مباشرة. أربعة من هذه الأنوية الصغيرة تكون نواة كبيرة جديدة.

شارك في هذه العملية أبوان وانفصل في نهايتها أبوان. وقد تسأل أي نوع من التكاثر هذا؟ ولكن العملية التي قاما بها هي خلاصة وأساس التكاثر الجنسي - التهجين الوراثي genetic recombination. الذرية "offspring" ليست مثل الآباء ففيها أفراد جدد وسرعان ما سوف تعكس أنويتهم الكبيرة هذه الحقيقة. وللغرابه فإنهم قد أصبحوا أيضا توائم متماثلة identical twins. فكل أب كون نواتين متماثلتين كل منها أحادية العدد الكروموسومي وأعطى واحدة واحتفظ لنفسه بالأخرى. وعلى ذلك فعندما تنفصل الخليتان تكون أنويتها الصغيرة ثنائية العدد الصبغي متماثلة. وعندما تبدأ التوائم عملية التكاثر اللاجنسي فانهم يسهمون معا في تكوين مجموعة متماثلة clone واحدة.

ليس هناك أي شيء بدائي أو بسيط في الحيوانات الأولية الهديية. فمثل تلك الأشكال كالباراميسيوم ليست فقط كبيرة بالنسبة لخلية واحدة وإنما يوجد بها أيضا الكثير من العضيات التي توازي في وظيفتها الأعضاء الموجودة في المخلوقات عديدة الخلايا.



الشكل ٧-٣٣. الإقتران في باراميسيوم كوداتم *Paramecium caudatum* هذه العملية تشبه الأنواع الأخرى من التكاثر الجنسي إذ أنها تسمح بالتهجين الوراثي. في هذه الحالة تكون الذرية الجديدة توائم متماثلة. بعد انفصال الخلايا يقليل تحمل أنوية كبيرة جديدة تحمل مجموعة جديدة من الجينات محل الأنوية الكبيرة القديمة.

ولقد أدى التعقيد الموجود في الهديبات ببعض علماء الأحياء إلى اعتبارهم كائنات لاخلوية acellular بدلا من كائنات وحيدة الخلية. وهم بذلك يريدون التأكيد على أن جسم الباراميسيوم أعقد في تنظيمه من أي خلية تتكون منها الكائنات عديدة الخلايا. وسواء كان هذا المفهوم صحيحا أم لا فإن الحقيقة تبقى أن الهديبات هي أعقد الحيوانات الأولية.

الدرجة العالية من التخصص في الهديبات الحديثة قادت بعض علماء الأحياء إلى اقتراح أن الهديبات تمثل نهاية خط تطوري. ومع ذلك فمن الممكن الدفاع عن الرأي القائل بأن البعديات الحيوانية metazoans قد تطورت من الهديبات الأولى. فإذا كان ذلك صحيحا فإنه ينبغي نقل الهديبات من مكانهم الغامض الحالي إلى منتصف مسرح التطور. في الباب السادس والثلاثين سوف نتناول الأسس التي بنيت عليها هذه النظرية.

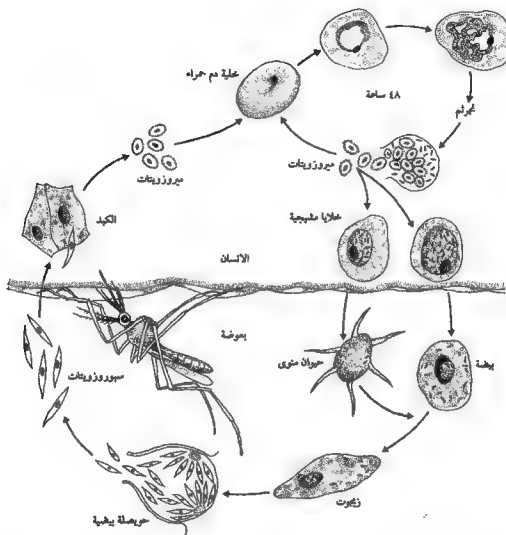
٦-٣٣ : الحيوانات الجرثومية (أو البوغية) THE SPOROZOANS (شعبة الحيوانات الجرثومية) (PHYLUM SPOROZOA)

كل الحيوانات الجرثومية (أو البوغية) طفيلية . وهي تتغذى بامتصاص الغذاء من العائل وليست لها القدرة على الحركة في معظم (في بعض الحالات كل) مراحل دورة حياتها .

أشهر أفراد هذه الشعبة تنتمي إلى جنس بلازموديوم *Plasmodium*. هذه الحيوانات الجرثومية تغزو خلايا الدم الحمراء فتسبب الملاريا . وتتميز الملاريا بسمعة سيئة حيث أنها سببت وفيات في الإنسان أكثر من أي مرض معدى آخر وهي تنقل من إنسان إلى آخر بواسطة البعوضة من جنس *Anopheles*.

دورة حياة البلازموديوم معقدة للغاية (الشكل ٨-٣٣) . وأعراض المرض تسببها الميروزويتات *merozoites* التي تتكاثر لاجنسيا في خلايا الدم الحمراء للإنسان العائل . وتنطلق جميعا بصفة دورية من الخلايا مسببة نوبات البرد والحمى المميزة لهذا المرض . ويحدث ذلك كل ٤٨ ساعة في حالة النوع بلازموديوم فيفاكس *Plasmodium vivax* (الشكل ٨-٣٣) وكذلك مع النوع بلازموديوم فلاسيبارم *Plasmodium falciparum* وهما أخطر نوعين في هذه المجموعة . وفي النهاية تتحول بعض الميروزويتات إلى خلايا مشيجية *Gametocytes* مذكرة أو خلايا مشيجية مؤنثة . وهذه سرعان ما تموت إلا إذا إمتصتها بعوضة الأنوفيليس . ما أن تصل الخلايا المشيجية إلى معدة عائلها الجديد حتى تتحول إلى أمشاج *gametes* فإذا كان كل من الحيوان المنوى *sperm* والبيضة *egg* موجودين فإنها يتحدان لتكوين الزيجوت *zygote*. يغزو الزيجوت جدار معدة البعوضة وسرعان ما ينتج آلاف الحيوانات الجرثومية *sporozoites* (الشكل ٨-٣٣) وهي تهاجر إلى الغدد اللعابية مستعدة للحقن في عائل بشرى جديد . فإذا حدث ذلك فإنها تنتقل إلى الكبد وتغزو خلاياه . هنا ينتج محصول أول من الميروزويتات بالتكاثر اللاجنسي وبعد ذلك تتحرك الميروزويتات إلى خلايا الدم الحمراء وتبدأ دورة جديدة من نوبة البرد والحمى .

معظم صور الملاريا مزمنة . فالكائن قد يتعايش مع عائله لسنوات . وبينما هو قابع في إحدى الخلايا الحمراء يكون محميا بالأجسام المضادة . ولكن عندما يغادرها لماذا لا



الشكل ٣٣ - ٨. دورة حياة بلازموديوم فيفاكس *Plasmodium vivax* ، أحد الحيوانات الجراثومية الذي يسبب واحداً من أكثر أنواع الماريا إنتشاراً. التحرر المتزامن للميروزيتا من خلايا الدم الحمراء يسبب نوبات البرد والحمى المميزة للمرض. في حالة بلازموديوم فيفاكس يحدث ذلك كل ٤٨ ساعة. يستطيع الكائن أن يبقى داخل الإنسان المائل لعدة سنوات ولكنه لا يستطيع إكمال دورة حياته إلا إذا تمكن من التنقل بين الإنسان والبعوض من جنس أنوفيليس *Anopheles* بالتبادل.

يقضى جهاز المناعة عليه؟ تماماً كما في حالة التريانوسومات فإن الحيوانات الجراثومية تظل تغير من محددات الأنتيجينات بها وبذلك تتفادى أي هجوم فعال للأجسام المضادة.

THE EUKARYOTIC ALGAE

٧-٣٤ : الطحالب حقيقية النواة:

كلمة طحالب "algae" (مثل كلمة حيوانات أولية "protozoa") لم تعد مصطلح تصنيفي رسمي. وهي الآن مجرد اسم شائع لعدد من الكائنات البسيطة التي تحتوي على الكلوروفيل. ولأنهم يقومون بعملية البناء الضوئي فإن أغلب علماء النبات يدعون أنهم من أفراد المملكة النباتية. وفي الحقيقة أن بعضهم يشبه النباتات فعلا ولكن الآخرين لا يحملون إلا تشابهات سطحية فقط للكائنات التي نسميها بصفة عامة نباتات.

تعيش معظم الطحالب في المحيط ولكن هناك الكثير منها يعيش في المياه العذبة. بعضها وحيد الخلية والبعض ينمو كمستعمرات بسيطة. البعض يكون عديد الخلايا حقا ولكن فيه القليل جدا من تشكل الخلايا. وسوف ندرس ٦ شعب من الطحالب حقيقية النواة.

٨-٣٣ . الطحالب الحمراء: (شعبة الطحالب الحمراء)

THE RED ALGAE (PHYLUM RHODOPHYTA)

تكاد تكون مجموعة الطحالب الحمراء بحرية بالكامل. البعض منها وحيد الخلية ولكن معظمها يكون عديد الخلايا وينمو متشبثا بالصخور وأرصفت الموانئ وما إلى ذلك تحت مستوى المد المتوسط. وقد تم التعرف على حوالي ١٥٠٠ نوع منها.

تقوم الطحالب الحمراء بالبناء الضوئي مستخدمة كلوروفيل أ (بعض الأنواع يوجد بها نوع ثاني من الكلوروفيل يسمى كلوروفيل د ولكن لا يوجد بها كلوروفيل ب). ولكنها حقيقية النواة فانها تحفظ الكلوروفيل في بلاستيدة خضراء أو أكثر. ومع ذلك فنظام الأغشية في هذه البلاستيدات يشبه إلى حد كبير ذلك الموجود في خلايا الطحالب الخضراء المزرق (الشكل ٩-٣٣). التشابه بين الاثنين يمتد إلى الأصباغ كذلك. فالطحالب الحمراء مثل الطحالب الخضراء المزرق تحتوي أيضا في أغشيتها البناية الضوئية على الفايكوسيانين والفايكوارثرين وهذه تعمل كأصباغ إستقبالية تنقل منها الطاقة إلى كلوروفيل أ (أنظر القسم ٧-٨). إذا كان هناك أي صحة في فكرة تطور البلاستيدات الخضراء لحقيقيات النواة من كائنات بدائية النواة داخلية التكافل (انظر



الشكل ٩-٣٣. الى اليسار: صورة بالمجهر الإلكتروني (٢٥٠٠٠ مرة) لأحد الطحالب الخضراء المزرققة (بتصريح من دكتور ج. كوهين - بازين). الى اليمين: يورفيرديوم *Porphyridium* وحيدة الخلية (صورة بالمجهر الإلكتروني، التكبير ١٠٠٠٠ مرة، بتصريح من دكتور اي. جنات). ترتيب الأغشية في البلاستيدة الخضراء بالطحلب الأحمر والأصباغ التي تحتوي عليها يختلف تماما عما هو موجود في حقيقيات النواة الأخرى التي تقوم بالبناء الضوئي ولكنها تشبه تماما تلك الموجودة في الطحالب الخضراء المزرققة بدائية النواة.

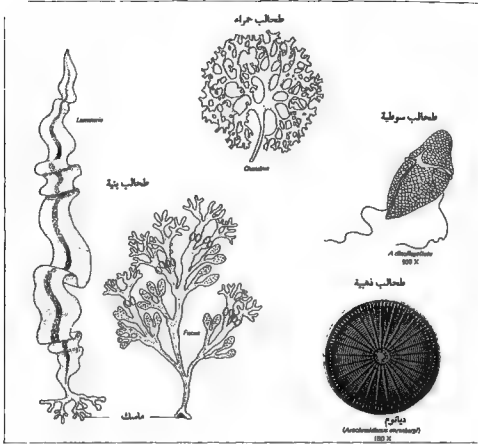
القسم ٢-٣٣) فان الطحالب الخضراء المزرققة هي بكل وضوح المرشحة لهذا الدور.

تختلف الطحالب الحمراء عن حقيقيات النواة في ناحية جوهرية فيبدو أنها لم تكتسب نمط السوط ٩ + ٢ الذي يميز كل الشعب الأخرى لحقيقيات النواة. بعض الطحالب الحمراء تستخدم كغذاء في المناطق الساحلية وخاصة في بلدان الشرق. الأجار *agar* الذي ينشر إستعماله كأساس لمزارع البكتيريا وكائنات أخرى يستخرج من أحد الطحالب الحمراء.

٩-٣٣: الطحالب السوطية : (شعبة الطحالب السوطية)

THE DINOFLLAGELLATES (PHYLUM PYRRROPHYTA)

تكاد تكون كل أنواع الطحالب السوطية (حوالي ٩٠٠ نوع) وحيدة الخلية. وتوجد فيهم بعض الصفات التي تبدو ذات طبيعة وسطية بين صفات بدائيات النواة والصفات الأكثر تقدما لحقيقيات النواة. فعلى سبيل المثال، لا توجد هستونات في كروموسوماتهم



الشكل ٣٣-١٠. عينة تمثل الطحالب من أربع شعب. (الصورة بتصريح من تيرتوكس).

والانقسام غير المباشر فيهم أقل تعقيدا بكثير مما هو في حقيقيات النواة الأرضي. للطحالب السوطية النوع حقيقي النواة (٩ + ٢) من الأسواط. (اثنان في الواقع، أنظر الشكل ٣٣-١٠).

وبصرف النظر عن الأهمية العلمية، فإن الطحالب السوطية تسبب لنا بعض القلق من وقت لآخر حينما تتكاثر بأعداد هائلة وتسبب ظاهرة المد الأحمر السام الذي قد يؤدي إلى قتل كميات ضخمة من الأسماك البحرية ويجعل الحيوانات البحرية التي تتغذى برشيق الماء مثل المحار غير صالحة للأستهلاك الأدمى.

١٠-٣٣: الطحالب اليوجلينية: (شعبة الطحالب اليوجلينية)

THE EUGLENOPHYTES (PHYLUM EUGLENOPHYTA)

هذه السوطيات تقوم بالبناء الضوئي وليست محاطة بجدار خلوي صلب. اليوجلينا *Euglena* مثال نموذجي للمجموعة (التي يبلغ عدد أنواعها حوالي ٤٠٠). ونظرا لخلوها من الجدار الخلوي فإن اليوجلينا تستطيع تغيير شكلها بسهولة. وهي تتحرك بسرعة بواسطة سوط طويل عند طرفها الأمامي (الشكل ١١-٣٣) اليوجلينيات يوجد بها كلوروفيل أ وكلوروفيل ب.

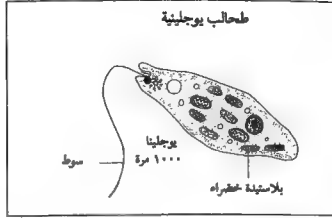
لولا وجود البلاستيدات الخضراء لما أمكن تمييز اليوجلينا عن أستاسيا *Astasia* (أنظر القسم ٤-٣٣). وفي الواقع إذا عوملت اليوجلينا بسترّيوميالسين وتحطمت بلاستيداتها فإن الناتج يكون عديم اللون وشاذ التغذية حتى إنك تستطيع أن تنسبه مباشرة إلى شعبة السوطيات. ربما كان الكثير من الحيوانات الأولية هو التاج التطوري للفقذ الذاتي للبلاستيدات الخضراء التي كانت موجودة في أسلافهم. وعلى أي الأحوال، فإننا بالتأكيد نكسر قواعد علم التصنيف بوضعنا مثل تلك الكائنات في شعب منفصلة حينها لا يكون هناك سوى مجرد وجود أو غياب الكلوروفيل للتمييز بينهم.

١١-٣٣: الطحالب الخضراء: (شعبة الطحالب الخضراء)

THE GREEN ALGAE (PHYLUM CHLOROPHYTA)

هذه الطحالب تشبه الطحالب اليوجلينية من حيث أصباغ البناء الضوئي (كلوروفيل أ وكلوروفيل ب). ولكن خلاياها تكون محاطة بجدار صلب من السيليلوز. بعضها يكون له أسواط (مثل الكلاميديموناس *Chlamydomonas*) وحتى هؤلاء الذين لآسواط لهم (مثل خس البحر *Ulva*) تنتج أمشاج أو جراثيم ذات أسواط أو كليهما. وقد ترغب في دراسة دورة حياة الكلاميديموناس وهو طحلب أخضر نموذجي وحيد الخلية (الشكل ٦-٩).

أمكن التعرف على حوالي ٦٥٠٠ نوع من الطحالب الخضراء. وبالإضافة إلى العديد من الأجناس وحيدة الخلية مثل كلاميديموناس تضم هذه الشعبة أشكال كثيرة عديدة الخلايا ومستعمرات. ينمو سبيروجيرا *Spirogyra* كخيوط أخضر من الخلايا

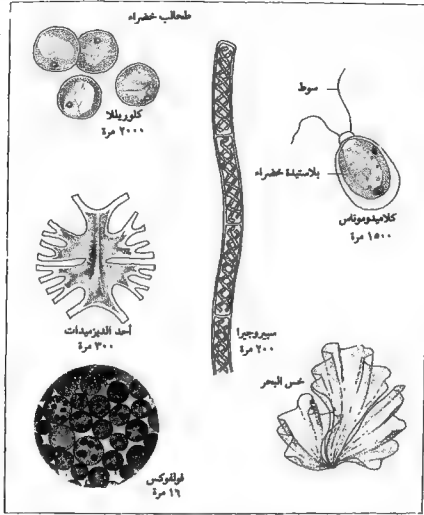


الشكل ١١-٣٣. اليوجلينا
Euglena ، أحد الطحالب
اليوجلينية .

تعيش كل منها حياة مستقلة . وربما كان ينبغي إعتبار الفولفوكس *Volvox* وخس البحر *Ulva* أشكال عديدة الخلايا إذ أن الكرة الجوفاء للفولفوكس تشكل فرد واحد تماما كما تفعل الطبقة المزدوجة المفلطحة من خلايا خس البحر (الشكل ١٢-٣٣) . ليس من السهل دائما رسم الخط الفاصل بين مستعمرات الخلايا المنفردة والكائن الواحد عديد الخلايا . وحتى في أولئك الأعضاء من هذه المجموعة الذين يبدو أنهم عديدوا الخلايا حقا فان الخلايا التي تتكون منها لاتتخصص في تكوين أنسجة أو أعضاء معينة .

الأسلوب الذي قد تكون الطحالب عديدة الخلايا أو التي تعيش في مستعمرات تطورت به من أسلاف وحيدة الخلية تؤيده سلسلة الأشكال ذوات الأسواط (الكلاميدوموناس، جونييم *Gonium* باندورانيا *Pandorina* يودورانيا *Eudorina* بليودورانيا *Pleodorina* والفولفوكس) التي درسناها في الباب الخامس (إرجع إلى الشكل ٢٦-٥) . والقصة التي يبدو أنها ترونها هي أن المستعمرات نشأت عندما بقيت الخلايا البنوية الناتجة من الأشكال وحيدة الخلية ملتصقة ببعضها بعد الانقسام غير المباشر . وعندما كبرت المستعمرات وصارت أكثر تعقيدا نشأ بين خلاياها بعض التخصص فأنتجت كائنات عديدة الخلايا حقا وفي النهاية ظهرت صور ضخمة مثل خس البحر .

الكثير من أعضاء هذه الشعبة الذين لا يتحركون ويشبهون النباتات في الشكل إلى حد كبير . فوجود جدار الخلية السيليلوزي وكلوروفيل أ وكلوروفيل ب هو من الصفات المميزة للنباتات ويوحى بأن الطحالب الخضراء هم أقرب البروتيسا إلى النباتات .



الشكل ٣٣-١٢. عينة تمثل الطحالب الخضراء (الصورة بتصريح من نيريوكس).

ويعتقد معظم علماء الأحياء أن المملكة النباتية قد تطورت من أوائل أعضاء هذه الشعبة.

للطحالب الخضراء أهمية كمصدر غذائي للعديد من الحيوانات الأولية والحيوانات المائية. طحلب كلوريللا *Chlorella* وحيد الخلية لقي إهتماما كبيرا من علماء الأحياء سواء من حيث أنه الكائن الذي أمكن بواسطته تحديد الكثير من تفاصيل عملية البناء الضوئي أو من حيث أنه مصدر للغذاء في المناطق التي لا توجد فيها الزراعة التقليدية. فعندما يتم تسميد مصادر المياه بالفوسفات والنترات (من مجارى الصرف الصحي مثلا) فإن الطحالب الخضراء التي تعيش في المياه العذبة غالبا تشكل نمو طحلي ضخم.

١٢-٣٣ : الطحالب الذهبية : (شعبة الطحالب الذهبية)

THE GOLDEN ALGAE (PHYLUM CHRYSOPHYTA)

تكتسب الطحالب الذهبية لونها من أحد أشباه الكاروتينات Carotenoid لونه أصفر مائل إلى البني ويسمى فيوكوزانثين fucoxanthin. الكلوروفيل الموجود فيها هو كلوروفيل أ وكلوروفيل ج. معظم أفراد هذه المجموعة وحيد الخلية والكثير منها له أسواط. تضم هذه المجموعة حوالي ٥٣٠٠ نوع منها ٥٠٠٠ نوع من الدياتومات diatoms.

للدياتومات جدار خلوي أو صدفة مكونة من نصفين متراكبين. هذه الأصداف تكون مدعمة بالسيليكا وغالبا ما تكون بها أشكال زخرفية جميلة. في الواقع فإن الزخارف الرقيقة لأصداف بعض الأنواع تستخدم كاختبار جيد لجودة عدسات المجهر (الشكل ٣٣-١٠).

تلعب الدياتومات دور هام في اقتصاديات الطبيعة. ففي كل من المياه العذبة والمحيطات فانها تقوم بجزء كبير من كل البناء الضوئي الذي يحدث ولذلك فهي مصدر حيوي للغذاء بالنسبة للعديد من البروتيستا عديمة اللون والحيوانات الصغيرة. وهذه بدورها تكون غذاء لغيرها من الحيوانات الأكبر. لذلك فان الدياتومات هم المنتجون الأساسيون للغذاء في البيئات المائية ويكفلون العديد من الكائنات الأخرى التي لا تقوم بالبناء الضوئي.

الأصداف الزجاجية للدياتومات لا تتحلل بعد موتها ويتربط على ذلك أنها قد تراكم في طبقات عميقة في قاع المحيط حيث تكثر الدياتومات. في بعض الحالات ترتفع هذه الرواسب بعد عدة ملايين من السنين بفعل القوى الجيولوجية وقد حدث هذا في كاليفورنيا ويتم تعدين هذه الرواسب الآن تحت اسم الأرض الدياتومية diatomaceous earth هذه المادة تستخدم لترشيح السوائل وكذلك كمادة مانعة للصوت. والأعداد الكبيرة من هذه الأصداف الزجاجية الضئيلة تعمل كمادة كاشطة abrasive كما أن مساحيق لإزالة النفايات وتلميع الأواني الفضية وما إلى ذلك غالبا تحتوي على أرض دياتومية.

تشكل الدياتومات فيما بينها مجموعة متجانسة بحيث أنه ربما كان ذلك سببا كافيا لفصلهم عن الطحالب الذهبية ووضعهم في شعبة خاصة بهم (وهي التي تسمى بشعبة الطحالب العنصرية Bacillariophyta).

٣٣-١٣ : الطحالب البنية : (شعبة الطحالب البنية)

THE BROWN ALGAE (PHYLUM PHAEOPHYTA)

يحتوي أفراد هذه المجموعة (١٥٠٠ نوع) على الفايوكوزانثين الذي يخفى اللون الأخضر لكلوروفيل أ وكلوروفيل ج. وهم جميعا كائنات عديدة الخلايا تشبه النباتات إلى حد ما وتوجد بالكامل تقريبا في المياه المالحة. أعشاب الصخور التي تكون طبقات كثيفة على الصخور المعرضة لخالات المد المتغيرة (الشكل ٣٢-١٥) والحشائش البحرية Kelps (الشكل ٣٣-١٠) هي أفراد كبيرة وشائعة من هذه الشعبة. هناك بعض التخصص في أجزاء هذه الكائنات وقد يكون لها دورة حياة معقدة نوعا ما. بعض الحشائش البحرية العملاقة المنتشرة على ساحل المحيط الهادي قد تنمو حتى طول ٣٠ متر. على الرغم من حجمها الهائل فإن البعض في هذه الكائنات مايزال بسيطا للغاية مقارنة بالنباتات الحقيقية.

تستخدم الطحالب البنية كغذاء في بعض المناطق الساحلية في العالم وتستغل في الولايات المتحدة كمصدر للأسمدة واليود.

٣٣-١٤ : الفطريات الهلامية : (شعبة الفطريات الهلامية)

THE SLIME MOLDS (PHYLUM MYXOMYCETES)

أفراد هذه المجموعة لهم إسم شائع هو الفطريات الهلامية لأنها تأخذ شكل كتلة هلامية منتشرة في إحدى مراحل دورة حياتها.

في الفطريات الهلامية البلازمودية plasmodial (مثل ستيمونيتيس Stemonitis - الشكل ٣٣-١٣) تحتوي الكتلة الهلامية والمسماة بلازموديوم plasmodium على آلاف الأنوية. يتحرك البلازموديوم ببطء على سطح المادة التي يتغذى عليها (مثل لوح خشبي متعفن) وفي النهاية ينتج البلازموديوم أعناق معقدة تنتج وتطلق الجراثيم (الشكل



الشكل ٣٣-١٣. ستيومونيتس *Stemonitis*.

فطر هلامي بلازمودي شائع. الى اليسار:

مرحلة البلازموديوم قبيل تكوين الحوافظ

الجراثيمية. (بتصريح من الأستاذ أي. ك. روس). الى اليمين: حوافظ جرثومية كاملة التكوين (بتصريح من تيرفوكس).

٣٣-١٣). إذا سقطت الجراثيم في موقع مناسب فانها تنبت وتعطى خلايا مفردة تتحرك بواسطة الأسواط والأقدام الكاذبة معا. ثم تتحد مع بعضها في أزواج وتبدأ في تكوين بلازموديوم جديد.

في الفطريات الهلامية الخلوية cellular تتجمع الالاف من الخلايا التي تشبه الأميبا لتكوين كتلة هلامية. ليس هناك إندماج بين الخلايا وتنجذب الخلايا المتجمعة إلى بعضها البعض بواسطة AMP الحلقي (الشكل ٢٧-١٢) الذي تفرزه. في دورة حياة هذه الكائنات الغريبة مراحل تكون فيها وحيدة الخلية، عديدة الخلايا، وشبيهة بالفطريات (الجراثيم) وشبيهة بالأميبا. وهذا الخليط من الصفات يكسبهم أهمية علمية بالغة. باستثناء نوع واحد يسبب مرض الجرب الدقيقي في البطاطس powdery scab ليس لهذه الكائنات إلا أهمية اقتصادية قليلة.

بينما تشترك دورات الحياة للفطريات الهلامية في تشابهات كثيرة فقد يكون من الحكمة وضع الفطريات الهلامية البلازمودية في شعبة (Myxomycetes)

والفطريات الهلامية الخلوية في شعبة أخرى (Acrasiomycetes).

مملكة الفطريات :

THE KINGDOM FUNGI

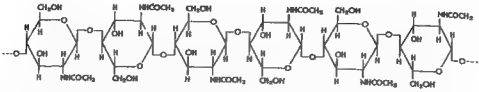
١٥-٣٣ : المميزات

CHARACTERISTICS

معظم حقيقيات النواة هذه تنمو على هيئة خيوط أنبوبية تسمى الهيفات hyphae والكتلة المتشابكة من الهيفات تسمى الغزل الفطري mycelium. الهيفات هي مدجات خلوية coenocytic أي أنها غير مقسمة إلى خلايا منفصلة. وعلى الرغم من وجود جدر عرضية في بعض الهيفات إلا أن هذه الجدر تكون مثقبة بحيث يكون السيتوبلازم والانونية العديدة حرة في التنقل بين كل أجزاء الغزل الفطري. جدر الهيفات تكون مدعمة بمادة الكيتين chitin وهو بوليمر من مادة (NAG) N-acetylglucosamin أنظر القسم ٣٢-٢). الترابط بين وحدات السكر (الشكل ٣٣-١٤) يشبه الترابط الموجود في السيليلوز (الشكل ٤-١٤) والبيتيدوجلايكان (الشكل ٣٢-٢) وله نفس نوع الصلابة الموجودة في هذه البوليمرات.

لا تحتوي الفطريات على كلوروفيل ومن ثم فهي شاذة التغذية. وهي تحصل على غذائها بامتصاص جزيئات الغذاء من الوسط المحيط بها (غالباً بعد أن تكون قد قامت بهضمها وذلك عن طريق إفراز إنزيمات التميؤ التي تعمل خارج الخلية). وقد تستمد غذاءها من مصادر مثل التربة الغنية، المنتجات الغذائية المصنعة، وأجسام النباتات والحيوانات (وسواء الميتة أو الحية). أما الذين يعيشون داخل عائل حي فقد يؤدون شيئاً للعائل في مقابل الوجبة التي تناولوها - مثل مساعدة نبات في الحصول على الأملاح المعدنية من التربة ولكن الأغلب أنهم يحطمون عائلهم. إختفاء الكستناء الأمريكي (وربما تبعه الدردار الأمريكي) والخسائر الناجمة عن صدف القمح والمرض الجلدي الذي يسمى قدم الرياضي athlete's foot ليست إلا أمثلة قليلة للدمار الذي تسببه الفطريات الطفيلية. ولكن ذلك يجب ألا يجعلنا لانرى الدور الرئيسي الذي تلعبه الفطريات في تحلل الكائنات الميتة وإطلاق المواد المغذية منها لكي يعاد إستعمالها من قبل الأحياء الأخرى.

توسع الفطريات دائرة إنتشارها بإطلاق الجراثيم. في بعض الأنواع المائية تسبح هذه



الشكل ١٤-٣٣. التركيب الجزيئي للكيتين. الوحدات التركيبية هي ن - أسيتايل جلوكوزامين الروابط نشبة تلك الموجودة في السيليلوز (انظر الشكل ١٤-٤). الكيتين هو ايضا العنصر التركيبي الرئيسي في الهياكل الخارجية للمفصليات.

الجراثيم بواسطة أسواط. ولكن جراثيم الفطريات العديدة التي تعيش على الأرض تحملها الرياح. وهي خفيفة الوزن ويتم إنتاجها بأعداد هائلة حتى أنها تكون موجودة في كل مكان تقريبا. ولقد تم العثور على جراثيم فطر صدأ القمح على بعد ٤٠٠ متر في الهواء وأكثر من ١٤٥٠ كم (٩٠٠ ميل) من المكان الذي أطلقت منه.

أمكن التعرف على حوالي ٣٠,٠٠٠ نوع من الفطريات. وقد جرت العادة على تصنيف هذه الفطريات في أربع مجموعات تصنيفية مبنية أساسا على نوع الجراثيم التي تنتجها. هذه المجموعات هي: الفطريات الطحلبية، الفطريات الزقية، الفطريات البازيدية، والفطريات الناقصة.

١٦-٣٣ : الفطريات الطحلبية: THE PHYLUM PHYCOMYCETES

تستمد هذه المجموعة اسمها من الكلمة اليونانية phyco بمعنى عشب بحرى. وفي الواقع فان بعض هذه الفطريات يكون مائيا والبعض الآخر ليس كذلك. أما الأنواع المائية فعادة تسمى فطريات الماء وهي تنتج جراثيم و/أو أمشاج ذوات أسواط.

فطريان مائيان شائعان هما سابروليجنيا *Saprolegnia* وأكليا *Achlya*. طريقة مضمونة للحصول على هذه الكائنات للدراسة هي إسقاط بضع حبوب أرز مغلي في وعاء به ماء بركة وفي خلال أيام قليلة يمكن مشاهدة غزل فطري حول الحبوب يمتد منها إلى الماء.

عدد من الفطريات المائية له قيمة اقتصادية. واحد من أنواع جنس سابروليجنيا يتطفل على الأسماك ويمكن أن يسبب مشاكل خطيرة في مزارعها. البياض الزغبي downy mildew الذي يصيب العنب وغيره من المحاصيل تسببه فطريات مائية. ولكن

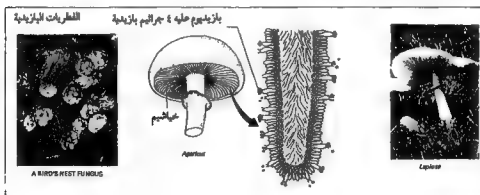
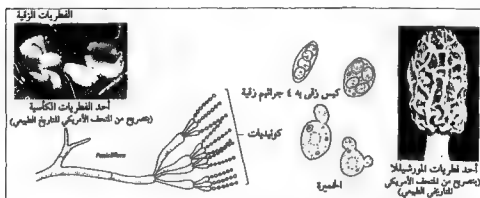
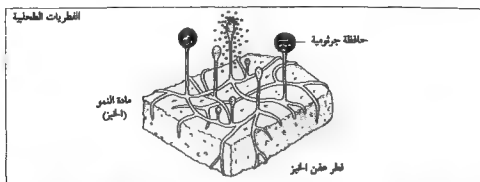
من المؤكد أنه لا يوجد فطر مائي يسبب متاعب اقتصادية مثل ما يسببه الفطر فايثوفثورا انفستانس *Phytophthora infestans* الذي يسبب الندوة المتأخرة late blight في البطاطس. ففي عام ١٨٤٥ وعام ١٨٤٦ كان مستولا عن التخريب الكامل لمحصول البطاطس في أيرلنده وما نجم عن ذلك من المجاعة الأيرلندية الكبرى في أعوام ١٨٤٥-١٨٦٠ بسبب غياب المصدر الأساسي للسعرات. وخلال هذه المدة مات ما يقرب من مليون شخص جوعا وهاجر عدد أكبر من ذلك بكثير إلى العالم الجديد. وفي نهاية هذه الفترة تسبب الموت والهجرة في نقص عدد السكان في أيرلنده من تسعة ملايين إلى أربعة ملايين.

ليس للفطريات الطحلبية الأرضية جراثيم متحركة ولا أمشاج. تنتشر الجراثيم بواسطة تيارات الهواء والعضو النموذجي التقليدي لهذه المجموعة هو جنس ريزويس *Rhizopus*. (الشكل ١٥-٣٣). فعلى الرغم من أن النوع *Rhizopus stolonifer* يسبب عفن الخبز من حين لآخر إلا أن الأنواع الأخرى من هذا الجنس تعوض وزيادة ما يسببه من تلف. فالنوع *Rhizopus oryzae* يستخدم في تخمر الساكي وهو نبيذ الأرز في بلاد الشرق. كما يستغل جنس الريزويس كذلك في الإنتاج الاقتصادي للجلوكوكورتيكويدات (أنظر القسم ١١-٢٧).

ينتسب الفطر إلى شعبة الفطريات الطحلبية لسببين: (١) تكوين الجراثيم داخل حافظة جرثومية sporangium (الشكل ١٥-٣٣)، (٢) عدم وجود جدر فاصلة داخل الهيفات. قد يكون هذين السببين كافيين لتحديد درجة القرابة ولذلك فإن معظم علماء الأحياء الآن ينسبون الأنواع الأرضية مثل الريزويس إلى شعبة الفطريات التزاوجية Zygomycetes بينما ينسبون فطريات الماء مثل الأكليا وسابروليجييا إلى شعبة الفطريات البيضية Oomycetes كما أن البعض قد أنشأ شعب إضافية لوضع فطريات مائية أخرى فيها.

١٧-٣٣: شعبة الفطريات الزقية THE PHYLUM ASCOMYCETES

الفطريات الزقية تنتج نوعين من الجراثيم. الجراثيم الناتجة لاجنسيا تسمى كونيديا conidia وتنشأ في سلاسل عند أطراف الهيفات (الشكل ١٥-٣٣). هذه الجراثيم تكافيء الجراثيم التي تنتجها الفطريات الطحلبية في حوافظ جرثومية. النوع الثاني من



الشكل ١٥-٣٣ . عينة تمثل الفطريات .

الجراثيم ينتج من التكاثر الجنسي . أربعة أو ثمانية من هذه الجراثيم المسماة بالجراثيم الزقية *ascospores* تتكون داخل كيس زقي *ascus*. وقد درمنا تاريخ حياة فطر نيوروسبورا *Neurospora* في الباب الثالث عشر وهو مثال للفطريات الزقية .

تلعب الفطريات الزقية أدواراً هامة في حياتنا . فمن ناحية الخسائر فانها تهاجم

الكثير من النباتات النافعة. فطريات البياض الزغبي التي تنتمي لهذه المجموعة تنطفل على أنواع عديدة من المحاصيل ونباتات الزينة. وندوة الكستناء يسببها فطر زرقى. ولقد عا هذا الفطر تماما من بلدنا* الأشجار التي كانت حتى بضع عشرات من السنين تشكل أهم الأشجار في غاباتنا. مرض الدردار الهولندي Dutch elm disease يسببه فطر زرقى كذلك ويشير بتكرار نفس الشيء مع أشجار الدردار الأمريكي الضخمة.

من ناحية الفوائد فالفطر الزرقى بنيسيليوم *Penicillium* ينتج المضاد الحيوى المنقذ المسمى بنسلين. وأنواع أخرى من نفس الجنس تستغل في إنتاج الجبن الكايمبري والجبن الروكفورت. فطر الموريل ذو المذاق الطيب والذي يظنه الكثيرون من مجموعة عيش الغراب mushroom هو في الواقع فطر زرقى (الشكل ٣٣-١٥). كما هو الحال أيضا مع فطر الكمأة truffle الذي يعتبره البعض من أفضل الأطعمة في العالم (الشكل ٣٣-١٦).

أنواع الخميرة هي أعضاء وحيدة الخلية في هذه المجموعة. ولها قيمة اقتصادية هائلة ليس فقط كمصدر للمشروبات الكحولية (البيرة والنبذ... إلخ) ولكن كمصدر للكحول المستخدم في الأغراض الصناعية. يستغل نفس التفاعل أيضا في صناعة الخبز ولكن الناتج المرغوب هنا هو الغاز المتصاعد وليس الكحول. ثاني أكسيد الكربون يجعل الخبز والكعك يعلو ويكسبه ملمسا مساميا مستساغا ويتبخر الكحول الذي تنتجه الخميرة أثناء عملية الخبز. وتستغل الخميرة أيضا في الإنتاج التجاري للفيتامينات.

٣٣-١٨: شعبة الفطريات البازيدية THE PHYLUM BASIDIOMYCETES

تنتشر فطريات هذه الشعبة بواسطة جراثيم محمولة عند أطراف تراكيب صولجانية الشكل تسمى البازيديومات basidia (الشكل ٣٣-١٥). تضم هذه الشعبة فطريات عيش الغراب mushrooms والفطريات الرفية shelf fungi والكراوات النافخة puffballs وفطريات الصدأ rusts وفطريات التفحم smuts.

فطر عيش الغراب المألوف ليس إلا جزءا من جسم الفطر فالجزء الأكبر من الغزل الفطري ينمو تحت سطح التربة ولا يرسل الفطر هذه الأجزاء إلى مافوق سطح الأرض



الشكل ١٦-٣٣. مزارع من بيريجورد (في جنوب غرب فرنسا) يبدي إعجاباً بالكمأة. فطريات الكمأة من الفطريات الزاقية التي تقيم علاقة تكافلية مع جنور اشجار مثل البلوط. (بتصريح من الوكالة الصحفية للسفارة الفرنسية زد مركز المعلومات الأمريكي نيويورك).

إلا عندما تكون الظروف مواتية لذلك. وعيش الغراب ليس إلا كتل من الهيفات المتداخلة وتنشأ البازيدويومات على السطح السفلي وتطلق الجراثيم (٤ من كل بازيديوم) في الهواء.

للفطريات البازيدية أهمية اقتصادية كبيرة لنا. ففطريات عيش الغراب تستعمل كثيراً كغذاء وزراعتها محل إهتمام كبير. فالكثير من فطريات عيش الغراب البرية صالح للأكل ولكن ما لم يتعلم المرء كيف يميز بين أنواعها فإنه يفضل تركها وشأنها. فالقليل من الأنواع مثل *Amanita mustaria* سام جداً.

على الرغم من أن بعض الفطريات البازيدية صالحة للأكل فإنها لا يمكن أن تعوض الحسائر التي يسببها أبناء عموماتها من فطريات الصدا وفطريات التفحم في الأغذية.

وفطريات الصدأ بصفة خاصة تكون مسئولة عن خسائر خطيرة في محاصيل هامة مثل القمح والشعير والشيلم.

بعض فطريات الصدأ لها دورة حياة معقدة. ففطر صدأ القمح لا يتطفل فقط على القمح وإنما يتطفل كذلك على نبات البربري. وحيث يكون الشتاء باردا لا يستطيع فطر الصدأ أن يكمل دورة حياته إلا إذا غزا نبات القمح ونبات البربري بالتناوب. وهو ينتج ٤ أنواع مختلفة من الجراثيم أثناء هذه العملية ولقد حدثت محاولات لآبادة نبات البربري في مناطق إنتاج القمح كوسيلة لمكافحة مرض الصدأ.

أشجار الصنوبر الأبيض يهاجمها فطر الصدأ البري في الصنوبر الأبيض فيقتلها. هذا الصدأ يحتاج الى عائل مناوب هو الكشمش gooseberry أو الشجيرات البرية ذوات الثمار العنبية من أجل إتمام دورة حياته وفي المناطق التي يكون فيها الصنوبر الأبيض مصدر هام للخشب أو كأشجار زينة فإنه غالبا ماتكون زراعة العائل الثاني لهذا الصدأ ممنوعة.

١٩-٣٣ : الفطريات الناقصة : (شعبة الفطريات الناقصة)

THE FUNGI IMPERFECTI (PHYLUM DEUTEROMYCETES)

يمكن تمييز الفطريات الزقية والفطريات البازيدية بواسطة الجراثيم الجنسية التي ينتجونها، وهي الجراثيم الزقية في المجموعة الأولى والجراثيم البازيدية في المجموعة الثانية ومع ذلك فالكثير من هذه الفطريات لا يستطيع إنتاج جراثيم إلا إذا تلاقحت سلالتان مختلفتان تعملان كأبوين. وهناك عدة آلاف من الفطريات التي لم يعرف منها الا سلالة واحدة فقط أو تفشل في التكاثر الجنسي لأي سبب آخر. في هذا الموقف لا توجد وسيلة لتحديد ما إذا كان الفطر زقيا أو بازيديا. ولذلك يوضع في مجموعة خاصة (سلة مهملات) هي الفطريات الناقصة. الطفيليات التي تسبب القوباء الحلقية ringworm ومرض قدم الرياضي في الإنسان تم تصنيفها على هذا النحو. ومن المهم أنه عندما يتم اكتشاف الطور الجنسي لأحد هذه الفطريات فإنه يعاد تصنيفه في الحال، عادة إلى الفطريات الزقية.

THE LICHENS

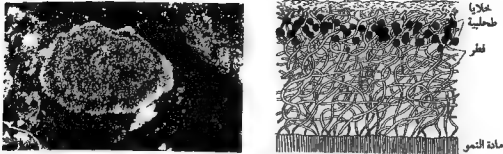
٣٣-٢٠: الأشن:

الأشن ليست كائنات مفردة بلمرة ولكنها كائنات مركبة تتكون من غزل فطري تنغمس فيه خلايا طحلبية (الشكل ٣٣-١٧). في بعض الأشن يكون الفطر من الفطريات البازيدية أو الفطريات الناقصة، لكن في الغالبية يكون الفطر زقيا أما الطحلب فهو إما أن يكون أخضر أو أخضر مزرق ودائما وحيد الخلية. وعلى الرغم من أن الأشن تعطي أسماء علمية كما لو كانت كائن واحد إلا أنه من الأفضل أن نفكر في الاسم على أنه للفطر ثم يتم بعد ذلك تحديد الشريك الطحلي منفصلا إذا ما رغبتنا في ذلك. وقد تم التعرف على حوالي ١٨٠٠٠ نوع من الأشن حتى الآن.

بعض الطحالب الموجودة في الأشن (مثل النوستوك) تنمو مستقلة في الطبيعة وعلى النقيض من ذلك فإن كل الفطريات الموجودة في الأشن تقريبا لا توجد إلا في الأشن رغم أنه يمكن زراعتها في المعمل.

معظم الأشن توجد في مناطق بها وفرة من المواد العضوية التي تصلح كغذاء وعلى العكس من ذلك فإن الفطريات التي توجد في الأشن تستطيع العيش في أقصى الظروف البيئية. فبعض الأشن ينمو بغزارة على أسطح الصخور (الشكل ٣٣-١٧). والأشن تكون من العلامات البارزة في الكساء النباتي في القطب الشمالي والقطب الجنوبي. ما الذي يجعل الفطريات قادرة على النمو في مثل هذه الأماكن؟ انه بلا شك شريكها الطحلي. وباستخدام بيكربونات الصوديوم المشعة ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$) يمكن توضيح أن الجزء الأكبر من السكر الذي يتجه الطحلب بالبناء الضوئي ينتقل إلى الفطر. إذا كان الشريك الطحلي أخضر مزرق فإن التروجين الذي يقوم بتثبيته يهيه إلى الفطر أيضا. وماذا يتلقى الطحلب في المقابل؟ بينما يوجد الكثير من التخمين حول هذا الموضوع فلم يتم إثبات أي فائدة حتى الآن.

انتشار الأشن كذلك لا يزال غير مفهوم حتى الآن. فالفطر ينتج جراثيم تذروها الرياح ولكنها لا تكون مصحوبة بالطحلب. وربما تلاقى هذه الجراثيم مع الطحلب المناسب بالصدفة عند هبوطها في مكان جديد ولكن ذلك يبدو مستبعدا. وربما تحقق انتشار الأشن عندما تنفصل قطع من الأشنة تحتوي على الفطر والطحلب معا وتنقل إلى مواقع جديدة.



الشكل ٣٣-١٧. الى اليسار: أشنة شائعة تنمو على الصخور. الى اليمين: تركيبها الداخلي.

للأشن أهمية في اقتصاديات الطبيعة لأنهم من أوائل الكائنات التي تحتل البيئات القاسية حديثة النشأة. الصخور التي تنكشف نتيجة لتقهقر الجليد والإنزلاقات الأرضية وما إلى ذلك سرعان ما تنمو الأشن عليها. وكلما ماتت وتحللت أجزاء من أجسام الأشن نتجت المادة العضوية أو الدوبال. ومع مرور الوقت قد يتراكم ما يكفي من التربة في شقوق الصخور بحيث تستقر بعض النباتات مثل الحزازيات وفي نهاية المطاف ينشأ كساء نباتي غني فيها كان يوما ما منطقة قاحلة.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب:

وصفنا في هذا الباب مجموعتين (مملكتين) رئيسيتين هما البروتيستا والفطريات والبروتيستا والفطريات من حقيقيات النواة وخلاياهما تحتوي على أنوية ذوات أغشية وميتوكوندريا وتوجد بلاستيدات خضراء في البروتيستا التي تقوم بالبناء الضوئي. والميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء تحتوي على الحمض DNA الخاص بها وكذلك على الآلية اللازمة لنسخه وترجمته إلى بعض (وليس كل) البروتينات التي تستخدمها هذه العضيات.

تضم البروتيستا شعب عديدة من الكائنات. هذه الكائنات إما أن تكون وحيدة الخلية أو إن كانت عديدة الخلايا فهي تتركب من أنواع قليلة من الخلايا. هذه المجموعة تضم أربع شعب من الحيوانات الأولية وست شعب من الطحالب. كل الطحالب تحتوي على بلاستيدات خضراء بينما لا تحتوي الحيوانات الأولية على بلاستيدات خضراء. ومع ذلك فهناك حيوانات أولية تشبه طحالب معينة من عدة نواحي أخرى وربما كانت العلاقة بينهم أوثق مما يوحي به فصلهم في شعب مستقلة.

وبسبب قيام الطحالب بالبناء الضوئي - وخاصة الطحالب الكبيرة غير المتحركة - فقد كانت تصنف مع النباتات. ومع ذلك فإن الطحالب الخضراء فقط هي التي لها علاقة تطورية وثيقة بالنباتات.

تنمو معظم الفطريات كخيوط أنبوبية تسمى الهيفات والفطريات دائماً شاذة التغذية حيث تحصل على غذائها إما بالترمم أو بالتطفل.

الاشن كائنات مركبة إذ أنها تتركب من فطريعيش في تجمع لصيق مع طحلب وحيد الخلية - إما أخضر أو أخضر مزرق.

تمارين ومسائل : EXERCISES AND PROBLEMS

- ١ - لخص الدليل الذي يؤيد نظرية التكافل الداخلي لتطور حقيقيات النواة. ما هي الآليات البديلة التي قد تكون حقيقيات النواة نشأت بها؟
- ٢ - هل تظن أن كل الكائنات الموجودة حالياً على الأرض قد نشأت من صورة واحدة أولية للحياة؟ ما هي الأدلة التي تؤيد ذلك؟ وما هي الأدلة التي تناقضه؟
- ٣ - لخص الصفات التي تشبه صفات الحيوانات وتلك التي تشبه صفات النباتات في اليوجلينا.
- ٤ - ما هي المواد المستمدة من الفطريات الزقية والتي تمم الإنسان؟

REFERENCES

المراجع

- 1 - MARGULIS, LYNN, "Symbiosis and Evolution," Scientific American. Offprint No. 1230, August, 1971. One of its chief proponents examines the hypothesis that mitochondria, chloroplasts, and flagella have all evolved from prokaryotic endosymbiosis.
- 2 - GOODENOUGH, URSULA W., and R. P. LEVINE, "The Genetic Activity of Mitochondria and Chloroplasts," Scientific American, Offprint No. 1203, November, 1970. and how it resembles that of the prokaryotes.
- 3 - LEEDALE, G. F., The Euglenoids, Oxford Biology Readers, No. 5, Oxford University Press, Oxford, 1971.

- 4 - CURTIS, H., The Marvelous Animals: An Introduction to the Protozoa. The Natural History Press, Garden City, N. Y., 1968.
- 5 - ALEXOPOULOS, C. J., and H. C. BOLD, Algae and Fungi, Macmillan, New York, 1967. A compact survey.
- 6 - SMITH, D. C., The Lichen Symbiosis, Oxford Biology, No. 42, Oxford University Press, Oxford, 1973.

CHAPTER 34

الباب الرابع والثلاثون

THE PLANT KINGDOM

المملكة النباتية

THE GEOLOGICAL ERAS	١-٣٤ : الحقب الجيولوجية
THE EVOLUTION OF PLANTS	٢-٣٤ : تطور النباتات
THE MOSSES AND LIVERWORTS (PHYLUM BYOPHYTA)	٣-٣٤ : الحزازيات القائمة والمنبطحة (شعبة الحزازيات)
THE VASCULAR PLANTS (PHYLUM TRACHEOPHYTA)	٤-٣٤ : النباتات الوعائية (شعبة النباتات الوعائية)
SUBPHYLUM PSILOPSIDA	تحت شعبة السيلويسيدا
SUBPHYLUM LYCOPSIDA	تحت شعبة لايكوبسيدا
SUBPHYLUM SPHENOPSIDA	تحت شعبة سفينوبسيدا
SUBPHYLUM PTEROPSIDA	تحت شعبة تيروبسيدا
ADAPTATIONS OF ANGIOSPERMS	٥-٣٤ : الألقمة في كاسيات البذور
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب الرابع والثلاثون

المملكة النباتية

THE GEOLOGICAL ERAS

١-٣٤ : الحقبة الجيولوجية

حفريات بدائيات النواة القديمة وحقيقيات النواة نادرة جدا ولا يمكن أن نكتشف كائنات حفرية متنوعة قبل أن نفحص صخور رسوبية يبلغ عمرها حوالي ٦٠٠ مليون سنة أي عند بدء العصر القديم. وهذا يعني أنه خلال أكثر من أربعة أخماس المدة الطويلة التي كانت فيها حياة على الأرض فانها تركت أثرا قليلا يدل على وجودها. ومنذ هذا الزمان فإن السجل التطوري للحياة قد حفظ بصورة جيدة.

ينقسم التاريخ الجيولوجي والبيولوجي للحياة منذ بدء ظهور الحفريات بكثرة إلى ثلاثة عصور رئيسية (الشكل ١-٣٤) وينقسم كل من هذه العصور إلى عدة أزمنة. وقد يبدو غريبا لأول وهلة أن تتوافق التغيرات الجيولوجية الهامة في الأرض مع التغيرات في الأنواع الموجودة. ولكن لا تنس أن التغير في الجيولوجيا (مثل تكوين الجبال وإنخفاض مستوى سطح البحر) يحدث تغيرات في الطقس وأنها معا يحدثان تغير في البيئة المتاحة للكائنات الحية. ومن المؤكد أن قوي الانتخاب الطبيعي قد تغيرت عندما تغيرت جيولوجية الأرض. وكما تسمى في الشكل ١-٣٤ فإن تواريخ الأوقات المختلفة periods ليست معروفة على وجه الدقة فالقليل فقط من الصخور (مثل صخور الدور البرمي المبكر early permian) تحتوي على كمية من اليورانيوم تكفي لتحديد تاريخه. أما الباقون فلا بد من تحديد تاريخهم على أساس السمك النسبي لكل منهم وهي طريقة أقل ما توصف به أنها غير مؤكدة.

الشكل ١٠٣٤. تاريخ الحياة كما يكشفه سجل المخرجات.

الموقع	الأحجار	المصادر	الحياة المائية	الحياة الأرضية
مع التواريخ التقريبية للبدء، بملأين السنين				
الحديث ١٣٠ ± ٢	١٣٠ ± ٢	المصريين اللاتيني ٣ - مز	تكوين الملح ودرية اسمرو راحة الفارات كل المجموعات الحديثة موجودة	الإنسان في العالم الجديد الإنسان الأول أشياء الإنسان والبرنجيد المتناسخ، وأصناف الفرو الأكلية الشبيهة للطيور الطيئات الحديثة وكسيت البير، الخفية
مزايا أمريكا الشمالية، معاملة شجلا أوروبا وكسيت رابا، معاملة بالقدرة الطبيعية الجنوبية				
الكريناتي، ١٣٥ ± ٥ (الحياتية)	١٣٥ ± ٥	المصريين اللاتيني ١٨٥ ± ٥	انقراض الأحيوانات والطيور والحيوانات قائمة أفريقيا وأمريكا الجنوبية في الجهد زينة للطيور والحيوانات، وما تبقى تتزايد الأمريتين، كذا الأحياء المائية وأما التي انقراض الأحياء ألة أثارها بأما أحياء أول الميوسين والحيوانات في البداية الأمريتين كثيرة في البداية تظهر الأحياء المائية	تظهر كسيت البير الحديثة والأفامي الدهيوسيرات سابقة، أول سحالي كروا أغيرات، أول كسيت البير الانقراض الشامي للزراف (كوتون)، ثيلاسيتات، السلاجف، التاسج وأول الدهيوسيرات)، أول الثدييات.
الزمامي ٣٣٠ ± ١٠	٣٣٠ ± ١٠	عصر الزمامف	تكوين جبال الألبا، تكوين الملح والثلج الجبال قديما انقراض ثلاثيات القصور والبالاكوبريت	كروا الزراف (الدهيوسيرات والطيور)، الثدييات السحلية والمخروطيات ومجموعة شجرة اللب.
البرني، ٧٨٠ ± ١٠	٧٨٠ ± ١٠			

[illegible]

وفي خلال مناقشتنا لتاريخ التغيرات التطورية فانك سوف تحتاج إلى الرجوع إلى الشكل ١-٣٤ كثيرا لترى كيف تتفق التفاصيل مع الصورة الكاملة للحياة.

THE EVOLUTION OF PLANTS

٢-٣٤ : تطور النباتات

على الرغم من عدم وجود دليل حجري إلا أننا نعتقد أن كل مجموعات الكائنات التي درسناها حتى الآن قد ظهرت في مياه الأرض في الدور قبل الكامبري Pre-Cambrian قبل بداية الحقبة القديمة Paleozoic (الشكل ١-٣٤). خلال الدور الكامبري والدور الأوردوفيسي Ordovician لابد أن المحيطات ومصادر المياه العذبة قد غذت نظاما معقدا من البروتيسستا واللافقاريات المائية (كما سوف نرى في الباب التالي) ولكم كان منظر اليابسة موحشا بها عليها من عدد قليل من الكائنات ذاتية التغذية التي تأقلمت على الحياة هناك ومن ثم لا يوجد مصدر لتغذية شواذ التغذية. وعند التقاء البحر باليابسة كانت الطحالب الخضراء تكتسب صفات تمكنها من مجابهة فترات متقطعة من الجفاف. وعند نهاية الدور السيلوري Silurian ظهرت سلالات قادرة على الحياة على اليابسة وبدأت العيش في هذه البيئة. هذه هي النباتات.

سوف نضم إلى المملكة النباتية كل الكائنات التي: (١) تحتوي على كلوروفيل أ وكلوروفيل ب، (٢) ليس لها القدرة على الحركة بواسطة ألياف منقبضة، (٣) لها أجسام مكونة من عديد من الخلايا المشكلة لتكوين أنسجة وأعضاء، (٤) لها أعضاء جنسية مكونة من عدة خلايا مساعدة، (٥) تنتج ذرية على هيئة أجنة متطورة جزئيا وتكون محمية وتتغذى لفترة من جسم النبات الأم. ولن نفرع كثيرا من وجود نبات بدون كلوروفيل نتيجة لعملية فقد ثانوية. فنبات البيسة الهندية Indian pipe (الشكل ١٤-٣٧) لا يحتوي على كلوروفيل ولكنه يشبه النباتات من كل النواحي الأخرى ومن المؤكد أنه إنحدر عن أسلاف خضر.

الكثير إن لم يكن معظم علماء النبات يضمون الطحالب أيضا إلى المملكة النباتية. ولكن بضم الطحالب يكون لزاما عليهم تعديل المتطلب (١). الطحالب الخضراء والطحالب اليوجلينية (فقط) تحتوي على كلوروفيل ب - كما يكون لزاما عليهم إستبعاد المتطلبين (٣)، (٥). ليس من بين الطحالب من يتوفر فيه المتطلب (٤) والمتطلب (٥).

وعلى الرغم من أن بعض الطحالب يكون عديد الخلايا فإنه لا يوجد بها سوى القليل من تشكل الخلايا. ولأسباب سبق ذكرها سوف نتفق مع هيكل Heckel. سوف نضع الطحالب (ماعد الطحالب الخضراء المزرقة) مع مملكة البروتيستا. وبذلك نجد أن المملكة النباتية تنقسم بسهولة إلى شعبتين (علماء النبات عادة يستعملون اللفظ قسم division بدلا من شعبة phylum) هما: النباتات الحزازية Bryophyta والنباتات الوعائية Tracheophyta.

٣-٣٤: الحزازيات القائمة والمنبطقة: (شعبة الحزازيات)

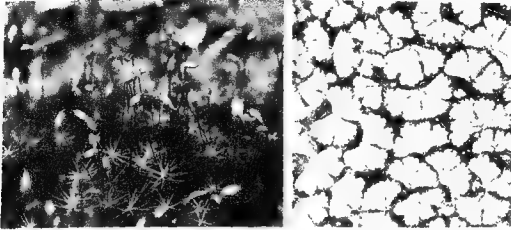
THE MOSSES AND LIVERWORTS (PHYLUM BRYOPHYTA)

تم التعرف على حوالي ٢٣٠٠٠ نوع من الحزازيات القائمة والحزازيات المنبطقة الحية وهي نباتات صغيرة وبسيطة وتوجد عادة نامية في الأماكن الرطبة. معظم الحزازيات المنبطقة لها جسم رقيق جلدي ينمو مغلفا على سطح الوسط الذي تعيش عليه - وهو إما الماء أو التربة الرطبة. الشكل ٣-٣٤ يبين حزاز منبطح شائع ينمو على سطح ماء بركة.

جسم النبات في الحزازيات القائمة يزيد قليلا في التعقيد عن جسم الحزاز المنبطح. فهو يتكون من شبة ساق يحمل وريقات ضئيلة مرتبة في نظام حلزوني. لا الحزازيات القائمة ولا الحزازيات المنبطقة تحتوي على أي أنسجة خشبية للتدعيم ولذلك فهي لا تبلغ أحجاما كبيرة أبدا. كما أنه لا يوجد بها نسيج وعائي متخصص لنقل الماء والغذاء بين أجزاء جسم النبات.

في الباب السادس عشر عرفنا أن التكاثر الجنسي في الحزازيات القائمة يمكن أن يحدث فقط عندما تستطيع الخلايا المذكرة أن تسبح من النبات الذي أنتجها إلى النبات الذي توجد عليه البيضة. عدم وجود جهاز خاص بنقل الماء والحاجة إلى الماء في التكاثر الجنسي هما سببان لإقتصار نمو النباتات الحزازية على البيئات التي تتوفر فيها الرطوبة على الأقل بصورة دورية.

تم إكتشاف ما يقرب من ١٤٠٠٠ نوع من الحزازيات القائمة. الحزاز القائم *Polytrichum commune* (الشكل ٣-٣٤) واسع الانتشار ومدرّس بكثرة. أما حزاز سفاجنوم



الشكل ٢٠٣٤. عينة ممثلة للحزازيات. الى اليسار: الحزاز القائم بوليتريكم كومبون. الى اليمين: حزاز منبطح شائع هو ريشيوكاربس ناتانس. (بتصريح من وليم سي. ستير ومجلة ABIS).

Sphagnum فينمو بغزارة في المستنقعات وعندما يكون متحلل جزئيا فانه يباع إلى البستانيين الذي يرغبون في تحسين التربة في حدائقهم.

تلعب الحزازيات القائمة دورا هاما في اقتصاديات الطبيعة. فمع الأشن تكون الحزازيات القائمة من أوائل النباتات التي تنمو في المناطق الجرداء مثل جلاهد الصخر التي تتعمرى عند تراجع الكتل التجليدية. فهي تنمو بسرعة وتنتج كميات كبيرة من المادة النباتية المتحللة المسماة بالدوبال humus والتي سرعان ما تكون تربة مناسبة لنمو النباتات الأكثر تعقيدا. في الغابات المستقرة تعمل كتل الحزازيات ذات الملمس الأسفنجي على امتصاص الماء من المطر والجليد الذائب وذلك يقلل من احتمالات الفيضان في وقت الربيع وجفاف الأنهار في الصيف كما أنه يقلل من فقد التربة عن طريق جرف الماء لها.

اعتبرت الحزازيات أحيانا كأسلاف للنباتات الوعائية. فبساطة التركيب وغياب النسيج الوعائي واقتصارها على المواقع الرطبة كلها شواهد على أنها كائنات وسطية بين الطحالب والنباتات الوعائية. ومع ذلك فالسجل الحفري يشير إلى أن هذا التفسير خاطيء. فلم يتم العثور على حزازيات حفرية في صخور تكونت قبل الدور الديفوني Devonian period كما أننا سوف نرى أن النباتات الوعائية كانت موجودة أثناء الدور السيلوري. ولنا إذن أن نستنتج أن الحزازيات القائمة والحزازيات المنبطحة إما أنها تمثل

إستعمار ثاني غير ناجح لليابسة من قبل أسلاف مائية أو (كما اقترح البعض) أنها نباتات أرضية فقدت الكثير من مظاهر التأقلم التي كانت لأسلافها. في كلتا الحالتين فإن غياب النسيج الوعائي والنسيج الخشبي وضرورة الماء السطحي لتحرك الخلايا الذكرية من الأنثريدة إلى الأرشيجونة قد قللت من الأمكانيات التطورية لهذه الكائنات.

٣٤-٤ : النباتات الوعائية : (شعبة النباتات الوعائية)

THE VASCULAR PLANTS (PHYLUM TRACHEOPHYTA)

على الرغم من أن التركيب التشريحي للنباتات الأولى غير معروف جيداً إلا أن أوائل الحفريات تشير إلى أن هذه الكائنات قد طورت جهاز وعائي لنقل الماء والغذاء خلال جسم النبات ولذلك فهي تتمتع بالعضوية الكاملة لشعبة النباتات الوعائية. بنهاية الدور الديفوني كانت أربع مجموعات متميزة قد ظهرت تركت كل منها بعض أحفاد ما زالت موجودة حتى الآن. ونحن ننسب هذه المجموعات إلى تحت شعب السيلويسيدا واللايكوسيدا والسفينوسيدا والترويسيدا (الشكل ٣٤-٣). يبلغ مجموع الأحفاد الحية لهم جميعاً حوالي ٢٦٠٠٠٠ نوع.



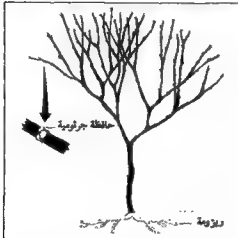
الشكل ٣٤-٣. العلاقات التطورية المحتملة بين النباتات.

تحت شعبة السيلويسيدا

SUBPHYLUM PSILOPSIDA

لم يكن للسيلويسيدا جذور ولا أوراق وإنما كان لهم ساق تحت الأرض (ريزومة) وساق هوائية قائمة وكان بكل من هذين الساقين خشب ولحاء. البناء الضوئي كان يحدث في الساق القائمة التي كانت تنتج الحوافظ الجرثومية أيضا. هناك أربعة أنواع حية اليوم تشبه إلى حد كبير السيلويسيدا الحفرية وعلى الرغم من أن كل علماء النبات قد لا يوافقون فأننا سوف ننسبهم إلى تحت الشعبة هذه. إذا كان النبات *Psilotum nudum* (الشكل ٤-٣٤) هو من السيلويسيدا حقا فإنه يمكن أن نستنتج أن أوائل السيلويسيدا كانوا ينتجون نوع واحد من الجراثيم. كانت هذه الجراثيم تنمو إلى طور مشيجي ضئيل وهو الذي كان ينتج الأنثريدات والأرشيجونات. كان الاختصاص يتم بواسطة خلايا ذكورية سابحة

وعلى ذلك فإن هذه النباتات كانت معصورة في بيئات مبللة بالماء على الأقل لبعض الوقت.



الشكل ٤-٣٤. أعلى: إعادة بناء لمنظر من الدور الديفوتي يوضح ثلاثة من أنواع السيلويسيدا في المقدمة (بتصريح من حداشق بروكلين النباتية). أسفل: سيلوتوم نودم، واحد من السيلويسيدا مازال يتمو حتى الآن في فلوريدا وفي أماكن أخرى.

تحت شعبة اللايكوسيدات

SUBPHYLUM LYCOPSIDA

الاسم الشائع لأفراد تحت الشعبة هذه هو الحزازيات الصولجانية Clubmosses وهذا الاسم مشتق من تشابههم السطحي مع الحزازيات القائمة (فهم عادة لا يرتفعون كثيرا عن الأرض ويحملون أوراق ضئيلة) ومن إنتاجهم للجراثيم في تراكيب صولجانية الشكل (الشكل ٥-٣٤) تسمى المخاريط Strobili. وهم ليسوا حزازيات قائمة بالمرّة وإنما نباتات وعائية بها خشب ولحاء في الجذور والأوراق يتصلان بالخشب واللحاء الموجودين في الساق. الأوراق بسيطة للغاية وصغيرة والنسيج الوعائي على هيئة عرق واحد غير متفرع.

يوجد الآن حوالي ١٠٠٠ نوع من اللايكوسيدا. جنس الرصن *Selaginella* و جنس قدم الذئب *Lycopodium* شائعان في أمريكا الشمالية وبعض أنواع الجنس الأخير تسمى صنوبريات الأرض وتستعمل في زينات أعياد رأس السنة (الشكل ٥-٣٤).

على الرغم من أن كل الأفراد الأحياء الآن من تحت الشعبة هذه لهم أحجام صغيرة



الشكل ٥-٣٤. لايكوبوديوم اوبسكيورم نامي في قام هاية. يصل ارتفاع هذه النباتات الى حوالي ٨ بوصات (٢٠ سم). على الرغم من أن الاسم الشائع لها هو صنوبريات الأرض إلا انها في الواقع أعضاء تحت شعبة اللايكوسيدا وهي مجموعة مختلفة تماما.

فقد تم العثور على أنواع حفرية بلغ ارتفاعها ١٠٠ قدم. كانت هذه الأشجار موجودة بكثرة خلال الدور الميسيسيبي Mississippian والدور البنسلفاني Pennsylvanian. (الشكل ٦-٣٤) وساهمت بقاياهم في تكوين ترسيبات ضخمة من الفحم. ولقد تكون أكثر الفحم الموجود في العالم أثناء ذلك الوقت ولذلك فإن هذان الدوران غالباً مايسميان معاً بالدور الكربوني Carboniferous. وحينما نحرق هذا الفحم الآن فإننا نطلق الطاقة التي تم تخزينها بالبناء الضوئي منذ ٣٠٠ مليون سنة.

بعض اللايكوسيدا كانت (ومازالت) تنتج نوعين من الجراثيم: الجراثيم الصغيرة microspores (مذكورة) والجراثيم الكبيرة megaspores (مؤنثة). وهذه تنمو إلى طور مشيجي مذكر و طور مشيجي مؤنث على التوالي. في بعض الحالات كانت الجرثومة الكبيرة تظل داخل أنسجة الطور الجرثومي الأبوي، وكما في حالة عاريات البذور الآن، كان يهيء بيئة محمية لحدوث الإخصاب.

SUBPHYLUM SPHENOPSIDA

تحت شعبة سفينوبسيديا

الاسم الشائع لنباتات تحت الشعبة هذه هو ذيل الحصانيات horse tails أو وحشائش



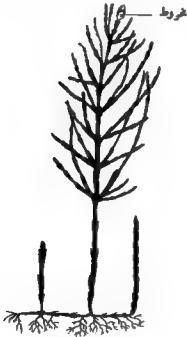
الشكل ٦-٣٤. غابة من الدور الكربوني. أعاد الفنان بناء ما كانت تبدو عليه غابات المستنقعات في الدورين الميسيسيبي والبنسلفاني الجلود الضخمة إلى اليسار وتلك الملقاة على الأرض في المقدمة هي أشجار من اللايكوسيدا. الأشجار الموجودة في اليمين تنتمي إلى السفينوبسيديا. بعض السرخسيات البرية موجود كذلك. (بتصريح من متحف فيلد للتاريخ الطبيعي).

التنظيف scouring rushes الأسس الأول يرجع إلى طريقة التفرع المميزة: حلقات أو عيطات من الأفرع الصغيرة تخرج من ساق فوق سطح الأرض (الشكل ٧-٣٤). وينشأ هذا الساق كل موسم من ساق تحت الأرض. أما الاسم الثاني فإنه يرجع إلى أن هذه النباتات كانت في الماضي تستخدم في تنظيف الاوعية والأواني. غالبا تنمو ذيل الحصانيات في الأماكن الرملية وتأخذ كميات كبيرة من السيليكا في سوقها. والسيليكا تجعل هذه السوق خشنة ومن هنا كانت كفاءتها كمادة تنظيفية. الأوراق صغيرة جدا ومرتببة في حلقات أو عيطات حول الساق. لم يبق على قيد الحياة الآن سوى جنس واحد هو ذيل الحصان *Equisetum* ويضم حوالي ٢٥ نوع. ولكن أنواعا عديدة أضخم بكثير كانت من السمات السائدة على الأرض (الشكل ٦-٣٤) ومثل أوائل اللايكوبسيديا ساهمت في تكوين الفحم.

SUBPHYLUM PTEROPSIDA

تحت شعبة التيروبسيديا

تختلف النباتات في تحت الشعبة هذه عن تحت الشعب الثلاث السابقة في أن لها أوراق ضخمة نسبيا بها عديد من العروق المتفرعة. وتنقسم تحت الشعبة إلى ثلاث صفوف: السراخس وعاريات البذور (التي اختزلت الأوراق في معظمها إلى أوراق إبرية) وكاسيات البذور.

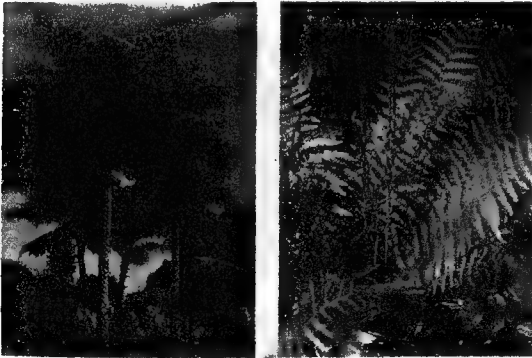


الشكل ٧-٣٤. إيكويزيتيم
بالوستر، أحد ذيل الحصانيات
الشائعة. أنه أحد أعضاء تحت
شعبة سفينتوبسيديا.

CLASS FILICINAE (FERNS)

١ - صف السرخسيات (السراخس)

ساهمت الثيروسيديا الأولى، أي السراخس، بعدد كبير من الأنواع السائدة في الدور الديفوني. ومثل الكثير من سراخس الجو المعتدل الآن كانت متشابهة الجراثيم homosporous أي كانت تنتج نوع واحد فقط من الجراثيم. وقد تتذكر أن كل جرثومة سرخسية تنمو لتعطي ثالوس أولى يحمل الأعضاء الجنسية المذكرة والمؤنثة. الأخصاب يتطلب رطوبة تسبح فيها الخلايا الذكرية ذات الأهداب حتى تصل إلى البيضة. ولهذا السبب مازالت السراخس محدودة في البيئات التي يكثر فيها الماء أثناء جزء من موسم النمو. يعيش الآن على الأرض حوالي ٩٥٠٠ نوع من السراخس ويوجد معظمهم في المناطق الاستوائية حيث ينمو البعض منهم حتى ارتفاع ٤٠ قدم (١٣ متر) أو أكثر (الشكل ٨-٣٤). عدد أقل يعيش في المناطق المعتدلة وهذه عادة تنمو في المناطق الرطبة الظليلة وتوجد الساق (أو الريزومة) وكذلك الجذور تحت الأرض وتنمو الأوراق من الريزومة في فصول الربيع وتقوم بتصنيع الغذاء بواسطة البناء الضوئي وفي أكبر الأنواع



الشكل ٨-٣٤. السرخسيات. إلى اليسار: أحد السرخسيات الشجرية التي تنمو في أستراليا. إلى اليمين: السراخس التي تنمو في الأجواء المعتدلة، مثل سرخس القرفة هذا، يكون لها سوق تحت أرضية. (سرخس القرفة بصريح من جورج أس. إيلمور).

التي تعيش في المناطق المعتدلة قد تصل الأوراق إلى ثلاثة أو أربعة أقدام . على الرغم من أن الأوراق بصفة عامة تموت مع أول ظهور للصقيع فإن الريزومة والجذور تظل حية أثناء الشتاء .

تنتشر السراخس إلى مواقع جديدة بواسطة جراثيم ضئيلة تذورها الرياح . هذه الجراثيم تتكون داخل حوافظ جرثومية تنشأ على الأوراق . (قد ترغب في إعادة النظر إلى دورة حياة السراخس بالباب السادس عشر) .

النمط الدقيق البديع لتفرع أوراق السراخس يجعل منها نباتات زينة غالية الثمن . وكانت السراخس تنمو بغزارة في المراحل المبكرة من تاريخ الأرض وقت أسهمت بقاياهم أيضا في تكوين الفحم .

CLASS GYMNOSPERMAE

٢ - صف عاريات البذور

البقايا الحفورية من الدور الديفوني تشير إلى أن بعض النباتات التي تشبه السراخس كانت متباينة الجراثيم heterosporous أي أنها كانت تنتج جراثيم صغيرة وجراثيم كبيرة وكانت الجراثيم الكبيرة تحفظ في الأنسجة الرطبة للطور الجرثومي العائل وهنا كان يتم الإخصاب دون الاعتماد على الماء السطحي . ومن ناحية أخرى فإن الحاجة إلى نقل الجراثيم الصغيرة من نبات إلى آخر حتى تصل إلى الطور المشيجي المؤنث قد سلبت هذه الجراثيم الصغيرة قيمتها كعوامل إنتشار . وربما تولت البذور عنها هذه الوظيفة - وهي عبارة عن أطوار جرثومية جنينية كامنة ومحمية .

السراخس البذرية - كما تسمى هذه النباتات - كانت من أوائل عاريات البذور . وعلى الرغم من أن السراخس البذرية قد إندثرت إلا أن بعض أحفادهم مثل النباتات السايكادية cycads (الشكل ٣٤-٩) وشجرة المبد *Ginkgo* ماتزال حية إلى يومنا هذا . هذه النباتات الحديثة تحمل بذور تفصح عن أصلها القديم . فبعد أن تصل الجراثيم الصغيرة إلى البويضة فانها تطلق سباحة ذكرية هدية تصل إلى البويضة سباحة في رطوبة يوفرها لها الطور الجرثومي الأم .

النباتات السايكادية إستوائية وتعمل تشابه سطحي للنخيل . جنس واحد فقط ينمو

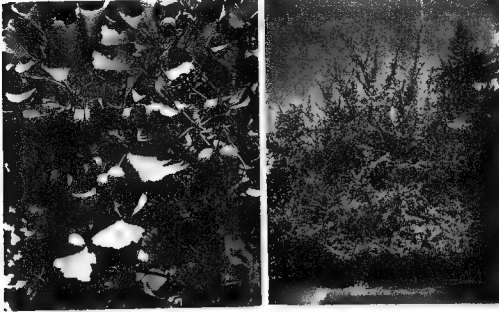


الشكل ٩-٣٤. أحد
السايكاديات (من جنس
ديون (Dion) ينمو في حدائق
فريتسهايد الاستوائية بولاية
فلوريدا. (بتصريح من
جورج أس. ايلمور).

بريا في الولايات المتحدة ولا يوجد إلا في فلوريدا. أما شجرة المبد (الشكل ٩-٣٤) فإنه آخر الأنواع الباقية على قيد الحياة من مجموعة من النباتات كانت يوما ما كبيرة. على الرغم من أن شجرة المبد مازالت تنمو برياً في الصين فلأنها لا تنمو إلا مزروعة في الأماكن الأخرى. وهي تزرع بكثرة في المناطق المعتدلة لأنها تنمو بسرعة ويبدو أن لها قدرة خاصة على تحمل الدخان والظروف الأخرى لحياة المدينة. الأجناس منفصلة في شجرة المبد وعامة تكون الأشجار المذكرة مفضلة للزراعة كأشجار ظل وذلك لأن البذور التي تنتجها الأشجار المؤنثة فقط تطلق رائحة غير مستحبة إذا داستها الأقدام.

ازدهرت عاريات البذور الأولى خلال الدورين الميسيسيبي والنسلفاني. وقد ساهمت مع السراخس واللايكوسيدا والسفينوسيدا في تكوين الفحم وقرب نهاية هذين الدورين ظهرت المخروطيات conifers.

المخروطيات (مثل الصنوبريات pines والتنوب firs) هي أكثر عاريات البذور عددا

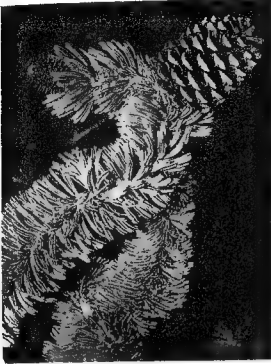


الشكل ١٠-٣٤ : شجرة المعبد (تم تصويرها في الخريف) وبلورها. (بتصريح من جورج اس. ايلمور).

الآن ولكنها تتركز بصفة عامة في الأماكن التي يكون الشتاء فيها شديد البرودة. تضم هذه المجموعة أضخم وأقدم الكائنات الحية جميعا فهناك إحدى أشجار الخشب الأحمر (من جنس *Sequoia*) يبلغ إرتفاعها ٣٦٨ قدم في كاليفورنيا كما ثبت أن بعض أشجار الصنوبر شوكية المخروط والتي تنمو في جبال شرق كاليفورنيا يزيد عمرها عن ٤٠٠٠ سنة.

معظم الصنوبريات مستديمة الخضرة وتتحوّل الأوراق فيها إلى إبر. تتكون الجراثيم الصغيرة والجراثيم الكبيرة في مخاريط Cones (الشكل ١١-٣٤). وعندما تصل الجراثيم الصغيرة إلى المخاريط المؤنثة فانها تنمو إلى طور مشيجي مذكر ينتج (١) أنبوبة لقاح pollen tube و (٢) النواة الذكرية التي تقوم بالأخصاب. لا يحدث إنتاج لخلايا ذكرية متحركة.

توفر الغابات الصنوبرية في أمريكا الشمالية جزء كبير من الأخشاب المستخدمة في البناء كما تعتمد صناعة الورق كذلك بنسبة كبيرة على المخروطيات كمصدر لللب الورق.



الشكل ١١-٣٤ . فرع من شجرة الصنوبر الشوكي وهو أحد المخروطيات. لاحظ المخروط المؤنث الذي نتج في نفس الموسم (عند الطرف) ومخروط الموسم السابق (الذي نثر بذوره). يمكن رؤية شجرة كاملة من هذا النوع (وهو من ألبم الكائنات الحية) في الشكل ١٢-٩ . (بصريح من جورج اس. ايلمور).

CLASS ANGIOSPERMAE

٣ - صف كاسيات البذور

على الرغم من ظهور دليل على وجود كاسيات البذور في الرواسب الحفرية للذور الجوراسي Jurassic period فإن كاسيات البذور لم تصبح سائدة على الأرض إلا في نهاية الحقبة الوسطى Mesozoic era ويوجد من كاسيات البذور الحية الآن حوالي ٢٥٠٠٠٠ نوع بينما لا يوجد في بقية المملكة النباتية سوى حوالي ٣٤٠٠٠ نوع فقط. وتوجد كاسيات البذور تقريبا في كل أنواع البيئات وعلى الرغم من وجود صفات تمكن بعضهم من الحياة في أماكن جافة إلا أن البعض منهم قد إرتد إلى الحياة في الماء (الشكل ١٢-٣٤).

تنقسم كاسيات البذور إلى تحت صنفين هما ذوات الفلقتين dicots وذوات الفلقة الواحدة monocots. تشتق هذه الأسماء من عدد الفلقات الموجودة في البذرة: إثنين في بذور المجموعة الأولى وواحدة في بذور المجموعة الثانية. تختلف ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة في عدد من الصفات الأخرى كذلك (الشكل ١٣-٣٤). فتكون العروق في أوراق ذوات الفلقتين مرتبة في نظام شبكي بينما في ذوات الفلقة الواحدة تكون العروق متوازية. الحزم الوعائية في ساق ذوات الفلقتين تكون مرتبة في نظام



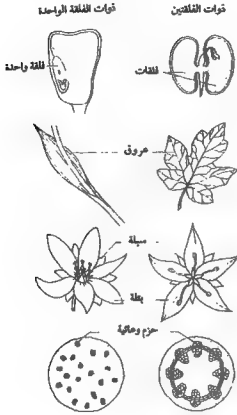
الشكل ١٢-٣٤ . نبات
هدس الماء (Lemna) وهو من
أصغر كاسيات البذور . قطر
الطبق هو ٥ سم (٧ بوصة) .

شعاعي تماما مثل أعمدة العجلة بينما تكون مبعثرة عشوائيا في ساق ذوات الفلقة الواحدة . الأجزاء المختلفة التي تتكون منها الزهرة (مثل البتلات) في ذوات الفلقتين يكون عددها ٤ أو ٥ أو مضاعفات هذين الرقمين . أجزاء الزهرة في ذوات الفلقة الواحدة يكون عددها ٣ أو مضاعفات هذا الرقم .

ذوات الفلقتين هي أكبر (وأقدم) المجموعتين ومعروف منها حوالي ٢٠٠٠٠٠ نوع . أما ذوات الفلقة الواحدة فالمعروف منها حوالي ٥٠٠٠٠ نوع وهي تشمل الزنابق والنجيليات والأوركيد والسوسن والتوليب والسعديات sedges (نباتات تشبه النجيليات وتعيش في المستنقعات) والبصل وكشك الماظ والنجيليات . أما النجيليات فتشمل الذرة والقمح والأرز وكل محاصيل الحبوب الأخرى التي نعتمد عليها كثيرا كغذاء .

٣٤-٤ : الأكلمة في كاسيات البذور ADAPTATIONS OF ANGIOSPERMS

النجاح التطوري الذي حققته كاسيات البذور وأهميتها بالنسبة للإنسان يبرران إستخدامنا لها كنماذج لتوضيح الصفات الأساسية لتركيب النبات . كما في معظم النباتات الوعائية يتركب جسم النبات من ثلاثة أعضاء رئيسية هي الجذور roots



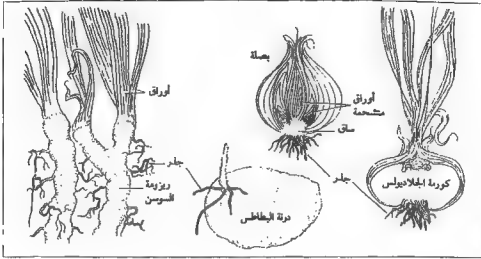
الشكل ١٣-٣٤. مقارنة
الأنماط التركيبية الموجودة في
ذوات الفلقتين وذوات الفلقة
الواحدة.

والساق stem والأوراق leaves.

تقوم الجذور بتثبيت النبات في التربة وامتصاص الماء والأملاح المعدنية منها. تنتقل هذه المواد بعد ذلك إلى الساق والأوراق من خلال الجهاز الوعائي. بعض كاسيات البذور مثل الجزر تستخدم جذورها في تخزين الغذاء أيضا (الشكل ١٧-٢٦).

الساق تحمل الأوراق وتدعمها حتى تتعرض للشمس وتحت ظروف خاصة فان السوق تنتج أيضا براعم زهرية وهذه تنمو إلى أزهار وتؤدي وظيفة التكاثر الجنسي. للساق أهمية أيضا من حيث أنها تعمل كحلقة وصل بين الجذور والأوراق وتقوم الأوراق بتصنيع الغذاء الذي بدوره يمتص في الجذور. والجذور تقوم بامتصاص الماء والأملاح المعدنية التي بدونها لا تستطيع الأوراق أن تقوم بتصنيع الغذاء ويعمل الجهاز الوعائي للساق على ضمان النقل السريع لهذه المواد الضرورية بين الجذور والأوراق.

أحيانا تستعمل السوق لتخزين الغذاء. ومن أهم الأمثلة على ذلك السوق تحت الأرضية المنتفخة لنباتات مثل السوسن والجلادبولس والبطاطس (الشكل ٣٤-١٤).

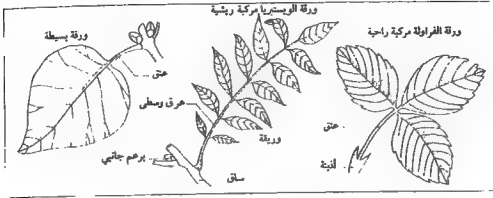


الشكل ٣٤-١٤ . أربعة أنواع من السوق تحت الأرضية.

الوظيفة الأساسية للأوراق هي تصنيع الغذاء بواسطة البناء الضوئي ويتم ذلك في النصل الرقيق المفلطح للورقة. في معظم ذوات الفلقتين يتصل النصل بالساق عن طريق عنق الورقة petiole. يمتد الجهاز الوعائي للساق إلى عنق الورقة ومنه إلى نصل الورقة على هيئة عروق. ولا تعمل العروق على نقل المواد من وإلى الورقة فحسب وإنما تعمل أيضا كهيكل يدعم الورقة.

أوراق كاسيات البذور قد تكون بسيطة simple أو مركبة compound في الأوراق البسيطة. يتكون النصل من جزء واحد متصل بالعنق أما الأوراق المركبة فتكون مقسمة إلى وريقات leaflets. الأوراق المركبة الراحية palmate كما في نبات الفراولة، تتكون من وريقات تشع من نقطة واحدة. في الأوراق المركبة الريشية pinnate تترتب الوريقات طوليا على جانبي العرق الوسطى للورقة (الشكل ٣٤-١٥).

الكثير من أوراق كاسيات البذور تتحول لأداء وظائف أخرى غير البناء الضوئي. فالمحاليق tendrils التي تشبث بواسطتها نباتات البسلة المتسلقة على الدعامات هي أوراق متحورة. الأعناق الكبيرة لأوراق الكرفس celery تستخدم في تخزين الغذاء وكذلك تعمل الأوراق تحت الأرضية المتشعبة لنبات البصل. النباتات آكلة الحشرات مثل نبات الدورق pitcher plant والديونيا venus flytrap تستخدم أوراق متحورة لأصطياد فرائسها. أما أوراق نبات الزينة بريوفيللم Bryophyllum فتنشأ



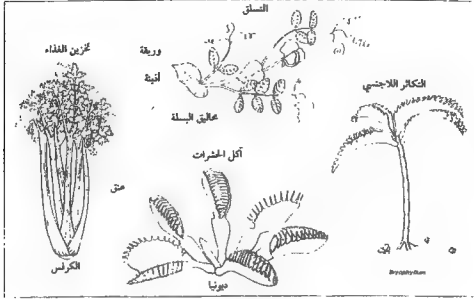
الشكل ١٥٠٣٤ . أشكال الأوراق .

على حوافها نباتات صغيرة وبالتالي فهي تعمل على إكثار النبات لاجنسيا (الشكل ١٦-٣٤).

تختلف أنساق النمو كثيرا في كاسيات البذور. فالأشجار والشجيرات وبعض المتسلقات تكون معمرة perennial حيث تنمو سوقها الهوائية الخشبية وتزداد في السمك في كل موسم نمو ومعظمها تكون متساقطة الأوراق حيث تنفض عنها أوراقها في الخريف. النبات المعمرة الأخرى تكون لها سوق عشبية غضة. في الأجواء المعتدلة تموت الأجزاء الموجودة فوق سطح الأرض في الخريف أما الأجزاء الموجودة تحت الأرض (الجزور ومعها غالبا ريزومات) فتبقى حية وتبعث بمجموع خضري جديد (سوق وأوراق) في الربيع التالي. الكثير من النجيليات والزهور البرية تكون عشبيت حولية.

بعض كاسيات البذور تكون ثنائية الحول biennials حيث تكمل دورة حياتها في عامين. نبات الجزر، على سبيل المثال، يبعث بأوراقه فوق سطح الأرض أثناء الموسم الأول (الشكل ١٧-٢٦) وهذه تموت في الخريف ولكن الجذر والساق القرصية يظلان على قيد الحياة وفي العام التالي تبعث الساق بشمراخ يحمل أزهار تتكون فيها البذور. وعند تحرر هذه البذور يموت النبات كلة.

كاسيات البذور الحولية annual هي نباتات عشبية تنمو من البذور وتزهو وتنتج بذور وتموت في خلال موسم واحد. لاتعمل بذورها على إنتشار النبات فقط إلى أماكن جديدة وإنما تتمكن النوع من معاودة الظهور في الموسم التالي. الكثير من الزهور المزروعة والحشائش وبعض النجيليات بها في ذلك محاصيل الحبوب كلها من الحوليات.



الشكل ١٦-٣٤ . بعض مخورات الأوراق.

من الصعب المبالغة في أهمية كاسيات البذور بالنسبة لبقائنا فهي تمدنا بكل غذائنا إلا القليل منه إما بصورة مباشرة أو كمصدر رئيسي لأعلاف الثروة الحيوانية. تمدنا كاسيات البذور أيضا بمنتجات هامة مثل القطن والمطاط الطبيعي والورق والخشب والدخان والكتان. وهناك عدد من المواد الكيميائية الصناعية والأدوية المستخلصة من كاسيات البذور.

تلعب كاسيات البذور دورا حاسما في تهيئة البيئة المناسبة للإنسان وللحيوانات الأرضية الأخرى. فالمجموع الجذري يجعل التربة متناسكة في وجه قوي التحات للرياح والماء (أنظر إلى الشكل ٢١-٢٥ ترى ماذا يحدث عند إنزراع الكساء النباتي من الأرض). النتج وامتصاص أشعة الشمس بواسطة مظلات الغابات يطفان من المناخ الصيفي. الغطاء الكثيف من كاسيات البذور يقلل من قوة المطر المنهمر ويعمل كإسفنجة تحفظ الماء للتربة وهذا يقلل من فرص الفيضانات والتآكل بفعل الماء بينما يحافظ على إمتلاء الينابيع والبرك والأنهار خلال شهور الصيف.

ونحن لانعيش بالخز والماء فقط ويجب ألا نغفل الدور المعنوي الذي تلعبه كاسيات البذور في حياتنا. فالغابات والحدائق وحتى النباتات المنزلية تثرى حياتنا بطرق بعيدة

تماما عن إحتياجاتنا الاقتصادية ومطالبنا من السعرات الحرارية اللازمة للحياة .

بإذا يمكننا تفسير النجاح الباهر لكاسيات البذور؟ ربما كان الجواب هو أنها تتميز بكثافة مظاهر الأقلية للحياة على الأرض اليابسة مع أكثر طرق التكاثر الجنسي والانتشار تباينا. دعنا نلقى نظرة على الصفات التي سمحت لكاسيات البذور (وللمنباتات الأخرى بدرجات متفاوتة) بغزو اليابسة .

وجود الجنذور يسمح باستخلاص الرطوبة والأملاح المعدنية من تحت سطح الأرض كما تعمل الجنذور أيضا على تثبيت النبات ضد الرياح . وجود الكامبيوم القادر على إنتاج النسيج الخشبي يعمل على تدعيم إرتفاع الأوراق والأزهار في الهواء . الخشب واللحاء يعملان على نقل الماء والغذاء والهرمونات وما إلى ذلك لمسافات بعيدة في جسم النبات بسرعة وكفاءة . كما تعمل طبقة الأدمة cuticle الشمعية التي تغطي الأوراق والسوق العشبية وكذلك القلين cork الموجود على السوق الخشبية على منع الفقد السريع للماء من النبات بالتبخير . هذا الغطاء غير المنفذ للماء هو أيضا غير منفذ للغازات ولكن الحاجة إلى تبادل الغازات تلبىها الثغور والعديسات lenticels . سقوط الأوراق في معظم كاسيات البذور بالمناطق المعتدلة يزيد من تقليل فقد الماء خلال الشتاء (حينما يكون الماء الأرضي متجمدا) كما يساعد على تقليل إحتالات ما قد يصيب النبات من أضرار من جراء تراكم الثلج والجليد .

تسترك كاسيات البذور مع عاريات البذور في الاحتفاظ بالطور المشيجي المؤنث داخل الحافظة الجرثومية الكبيرة . وكما رأينا فإن هذا النظام يضع حدا للحاجة إلى الماء الموجود على سطح الأرض كي تسبح فيه الخلايا الذكرية من نبات إلى نبات . وبدلا من ذلك تنتقل حبوب اللقاح إلى الحافظة الجرثومية الكبيرة بواسطة الهواء وبذلك تتلاقى الأمشاج . في عاريات البذور وبعض كاسيات البذور يتم إنتقال حبوب اللقاح من نبات إلى نبات بواسطة الرياح . الكثير من كاسيات البذور الأخرى تجذب أزهارها الحشرات أو حيوانات أخرى وبذلك تستغل قدرة الحيوان على الحركة للمساعدة في التلقيح الخلطي . كمية حبوب اللقاح التي تنتجها كاسيات البذور التي يكون التلقيح فيها بواسطة الحيوانات تكون أقل بكثير من تلك التي تنتجها الأنواع ذات التلقيح الهوائي .

الطور الجرثومي الجنيني، أي البذرة هو أيضا أحد مظاهر الأقلمة الفعالة للحياة على الأرض اليابسة. فمع الحماية التي يوفرها غلاف البذرة والمواد الغذائية المخزنة تستطيع البذرة تحمل الظروف القاسية الجافة لمدة طويلة بينما تبقى مستعدة للأنبات حينما تتحسن الظروف. إنتاج البذور في كاسيات البذور أكفأ منه في عاريات البذور من حيث أن الغذاء ينتقل إلى البذرة فقط عند حدوث الأخصاب. في عاريات البذور يتم تخزين كل المخزون الغذائي قبل الأخصاب ولذلك فإنه يفقد إذا فشلت عملية التلقيح.

معظم مظاهر الأقلمة التي ذكرناها حتى الآن ليست مقصورة على كاسيات البذور. فقط ولكنها لعبت دورا في السماح للنباتات الأخرى باحتلال الأرض. ولا تتميز كاسيات البذور إلا بانتاج الأزهار flowers والثمار fruits فقط. ولقد مكنت الطرق الفعالة للتلقيح وانتشار البذور (وكذلك الصفات الأخرى التي تصل إلى أوج تطورها في كاسيات البذور) هذه النباتات من غزو كل نوع ممكن من أنواع البيئات على هذه الأرض. ففي كاسيات البذور نجد أكثر المجموعات النباتية قابلية للأقلمة أنتجها التغير التطوري الذي حدث في كائنات كانت يوما ما محدودة في بيئة مائية.

إحتلال النباتات الوعائية لليابسة في الدور السيلوري كانت له آثار بعيدة المدى. فالنباتات ذاتية التغذية ووجودها على الأرض يمثل مصدر غذائي غنى للكائنات شاذة التغذية. وكانت الفطريات والعديد من الحيوانات أول من إستغل ذلك وسرعان ماثلت النباتات في التأقلم مع الظروف الخاصة للمعيشة على اليابسة. في الأبواب التالية سوف ندرس كيفية تحقيق الحيوانات لهذا الانتقال وسوف يكون ذلك جزءا هاما من القصة الشاملة لتطور الحيوانات كلها.

ملخص الباب

CHAPTER SUMMARY

النباتات (١) تحتوي على كلوروفيل أ، كلوروفيل ب، (٢) ليست لها قدرة على الحركة، (٣) تتركب من مجموعات من الأنواع المتشكلة للخلايا، (٤) لها أعضاء جنسية بها خلايا مساعدة، (٥) تحمي صغارها لفترة من الزمن داخل جسم النبات الأم. الكائنات التي تنطبق عليها هذه المعايير تنقسم إلى شعبتين (أو قسمين):

الحزازيات والنباتات الوعائية.

الحزازيات ليس بها خشب ولا لحاء والتكاثر الجنسي فيها بواسطة خلايا ذكرية سابحة. ولذلك تكون هذه الكائنات (غالباً الحزازيات القائمة والحزازيات المنبطحة) تكون محدودة في البيئات المبللة بالماء بصفة دورية على الأقل.

النباتات الوعائية لها جهاز وعائي يتركب من الخشب واللحاء وتتميز إلى أربع تحت شعب: (١) السيلويسيدا - معظم أفراد هذه المجموعة إندثروا على الرغم من وجود ٤ أنواع يُظن أنها تنتمي إليها، (٢) اللايكوسيدا أو الحزازيات الصوجلانية، (٣) السفينوسيدا - أو ذيل الحصانيات، (٤) التيروسيدا - وتشمل السراخس وعاريات البذور وكاسيات البذور.

معظم عاريات البذور التي مازالت حية من المخروطيات: أنواع الصنوبر والتنوب، إلخ. أما كاسيات البذور فهي النباتات الزهرية وهي تزيد في عدد الأنواع عن كل المجموعات الأخرى بنسبة أكثر من ١:٧.

تختلف عاريات وكاسيات البذور عن السرخسيات في إحتوائها على أطوار مشيجية (مذكورة ومؤنثة) تنمو وتقوم بعملية الأخصاب داخل أنسجة الطور الجرثومي الأبوى. وتتوقف عملية نمو الطور الجرثومي مؤقتاً بتكوين البذرة. وهي جنين كامن ومعه مخزون من المواد الغذائية وغلاف يحميه. والبذور هي وسيلة الانتشار في عاريات وكاسيات البذور بينما تقوم الجراثيم بهذه الوظيفة في السرخسيات.

الأزهار والثمار هي محورات في كاسيات البذور تقوم بالتلقيح وانتشار البذور، على التوالي، بطرق متعددة. تنقسم كاسيات البذور إلى تحت صنفين: ذوات الفلقتين (حيث توجد فلقتان في البذرة) وذوات الفلقة الواحدة (وبها فلقة واحدة).

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل:

- ١ - راجع النظم التصنيفية للنباتات في عدة كتب. ما هي أوجه التشابه الرئيسية؟ وما هي الاختلافات؟ أي هذه النظم تفضل؟ ولماذا؟
- ٢ - فيم تختلف المملكة النباتية عن الطحالب الخضراء؟ وعن الطحالب الخضراء

المزقة؟ وعن الطحالب الحمراء؟

REFERENCES

المراجع:

- 1 - WATSON, E. V., Mosses, Oxford Biology Readers, No. 29, Oxford University Press, Oxford, 1972.
- 2 - SPORNE, K. R., The Mysterious Origin of Flowering plants, Oxford Biology Readers, No. 3, Oxford University Press, 1971.

CHAPTER 35

الباب الخامس والثلاثون

THE INVERTEBRATES

اللافقاريات

INTRODUCTION	١-٣٥ : مقدمة .
THE SPONGES (PHYLUM PORIFERA)	٢-٣٥ : الأسفنجيات (شعبة البوليغيرا)
THE CNIDARIANS (PHYLUM CHNIDARIA)	٣-٣٥ : الكنيداريات (شعبة الكنيداريا)
THE FLATWORMS (PHYLUM PLATYHELMINTHES)	٤-٣٥ : الديدان المسطحة (شعبة الديدان المسطحة)
THE ORIGIN OF ANIMALS	٥-٣٥ : منشأ الحيوانات :
THE ROUNDWORMS (PHYLUM NEMATODA)	٦-٣٥ : الديدان المستديرة (شعبة النيماتودا)
THE ANNELID WORMS (PHYLUM ANNELIDA)	٧-٣٥ : الديدان الحلقية (شعبة الديدان الحلقية)
THE MOLLUSKS (PHYLUM MOLLUSKA)	٨-٣٥ : الرخويات (شعبة الرخويات)
THE ARTHROPODS (PHYLUM ARTHROPODA)	٩-٣٥ : مفصليات الأرجل (شعبة مفصليات الأرجل)
PHYLUM ONYCHOPHORA	١٠-٣٥ : شعبة الاونيكوفورا

THE ECHINODERMS	١١-٣٥ : شوكيات الجلد
(PHYLUM ECHINODERMATA)	(شعبة شوكيات الجلد)
THE CHORDATES	١٢-٣٥ : الحبلليات
(PHYLUM CHORDATA)	(شعبة الحبلليات)
SUBPHYLUM CEPHALOCORDATA	تحت شعبة الرأسحبلليات :
SUBPHYLUM TUNICATA	تحت شعبة التونيكاتا
(UROCHORDATA)	(يوروكورداتا) :
DEUTEROSTOMIA AND PROTOSTOMIA	١٣-٣٥ : ديتروستوميا، بروتوستوميا:
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب الخامس والخلائون

اللافقاريات

INTRODUCTION

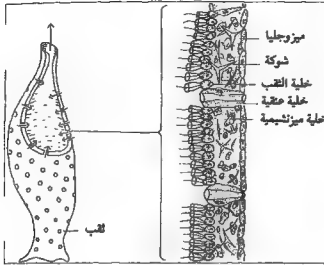
١-٣٥ : مقدمة

الحيوانات هي كائنات تتميز بها يلي : (١) ليس بها كلوروفيل ، (٢) قادرة على الحركة أو على الأقل تحريك أجسامها بالياف قابضة ، (٣) عديدة الخلايا . وقليل من الكائنات تكون غير قادرة على الحركة ولكنها تقوم ببعض الظواهر التي لاتفعلها من التعرف عليها كحيوانات . وتنقسم المملكة الحيوانية عامة إلى ٢٥ - ٣٠ شعبة مختلفة . والحيوانات التي تحمل الصفات الثلاث السابق ذكرها ، ولكن ينقصها وجود العمود الفقري يطلق عليها اللافقاريات . وتحوي ثلاثة شعب من اللافقاريات كائنات بسيطة التكوين ، ولذلك فهي حيوانات أولية ويمكننا القول بأنها نشأت من كائنات بدائية في الحياة الحيوانية ، من تلك الحيوانات الأولية الاسفنجيات والديدان المفلطحة .

٢-٣٥ : الاسفنجيات (شعبة بوليفيرا)

THE SPONGES (PHYLUM PORIFERA)

وهي حيوانات بسيطة تقضى كل حياتها مثبتة على صخرة أو على سطح صلب تحت الماء . ويعرف من الاسفنجيات نحو ٥٠٠٠ نوع ، القليل منها يعيش في المياه العذبة ولكن الغالبية منها يعيش في المحيطات . وتأخذ الشعبة إسمها من الفتحات الكثيرة أو الصغيرة أو الثقوب التي تتخلل جسم الأسفنج ، وتتغذى تلك الحيوانات بسحب المياه داخلها خلال تلك الثقوب وترشح منها الأجسام الغذائية الدقيقة التي قد توجد بها . (الشكل ١-٣٥) .



الشكل ١٣٥. تركيب اسفنج بسيط. تؤمن الاسفنجيات الغذاء والاكسجين من الماء الذي يتم سحبه باستمرار خلال ثقبها.

ويتكون جسم الاسفنج من طبقتين من الخلايا مع طبقة من المادة الهلامية والمسماة ميزوجليا (Mesoglea) بينها. ويوجد على الطبقة الداخلية من الخلايا أسواط تسبب في حدوث التيارات المائية. وتستهلك تلك الخلايا كذلك الأجسام الغذائية التي ذكرت سابقا والتي تم ترشيحها من الماء.

ويأخذ الحيوان الاسفنجي شكله المعروف بهيكل يتكون من أشواك (Spicules) مكونة بواسطة خلايا مبعثرة داخل منطقة الميزوجليا. وهذه الأشواك صلبة مكونة من سيليكات أو جير (كربونات الكالسيوم). وبعض الإسفنجيات لا تملك تلك الأشواك ولكن تتسلسك أجسامها بشبكة من الألياف المرنة الصلبة. ويمكن إصطياد الاسفنجيات الموجودة في المياه الاستوائية الضحلة بغطاسين، وبعد تجهيزها تباع لأغراض التنظيف. والكائنات المثبتة في مكان ما لابد من أن يكون لها وسيلة لنشر إنتاجها من حيوانات الاسفنج لأماكن جديدة.

ويمكن للأسفنجيات هذه إنتاج يرقات صغيرة تعوم حرة، تعوم تلك اليرقات بعيدا عن الاسفنج الأم، وبعد أن تجد سطحا ملائما تثبت نفسها وتنمو إلى حيوان بالغ.

وتدل بقايا الحفريات على أن الاسفنجيات كانت من أوائل أشكال الحياة الحيوانية التي ظهرت على الأرض. ولم يظهر حتى الآن ما يدل على أنه نشأ من تلك الاسفنجيات أشكال حيوانية أخرى. وعلى العموم فإن الاسفنجيات تشغل مكانا مميزاً في المملكة

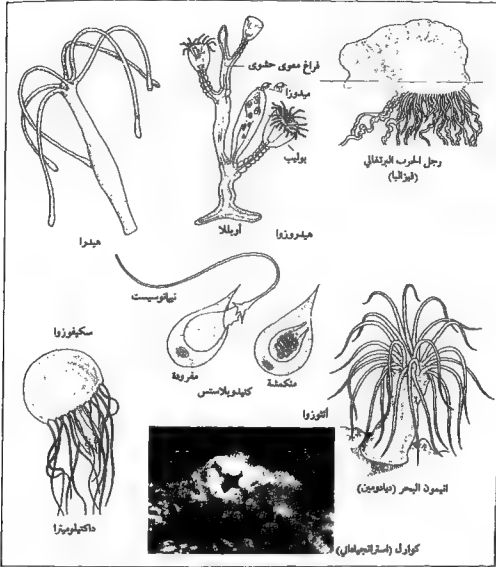
الحيوانية ووضعها بعض علماء التقسيم في تحت مملكة خاصة هي تحت مملكة بارازوا (Parazoa).

٣-٣٥: الكنيداريات (شعبة الكنيداريا)

THE CNIDARIANS (PHYLUM CNIDARIA)

تملك كل أفراد تلك الشعبة خلايا لاذعة خاصة يطلق عليهم اسم كنيديوبلاستات (Cnidoblasts) والتي أخذت منها الشعبة اسمها. كل كنيديوبلاست تحتوي على خيط ملء بمادة سامة تسمى نيماتوسست (Nematocyst) (شكل ٣-٣٥). وعند لمس زوائد حيوان الكنيداريان تفرغ النيماتوسست محتوياتها التي تستخدم في إحداث الشلل في فريستها وكذلك في الأحوال الدفاعية. ويتكون جسم كل أفراد تلك الشعبة من طبقتين من الخلايا مع وجود مادة الميزوجلليا (Mesoglea) بينهما وتملك طبقة الميزوجلليا خلايا صغيرة بداخلها والتي يعتبرها بعض علماء الأحياء طبقة ثالثة من الخلايا. والحيوان عبارة عن أسطوانة مجوفة ولها فتحة واحدة في أحد طرفيها ويدخل الغذاء من تلك الفتحة (الفم) وإلى الفراغ الداخلي المسمى بالفراغ الجهازى المعوي (Gastrovascular) ويسمى الفراغ الداخلي كذلك كولتترون (Coelenteron) وتوجد مجموعة من الحيوانات تسمى الأمشاط الهلامية (Comb-jellies) ضمن تلك الشعبة، إذ أن لها نفس الفراغ الداخلي ولكنها لا تحتوي على الخلايا اللاذعة المسماة كنيديوبلاستات وجميع الأجزاء مثل الزوائد (Tentacles) في حيوان الكنيداريان مرتبة في دائرة حول الجسم الأسطوانى للحيوان كما في النظام الاشعاعى، فإذا ما قطع حيوان هيدرا من الرأس (المنطقة الامامية) إلى القاعدة (المنطقة الخلفية) من أي منطقة فإنه ينقسم إلى نصفين متشابهين تماما. وعلى العكس من ذلك الانسان إذ يوجد مسطح واحد فقط في منطقة واحدة يمكن أن تقسم جسم الانسان إلى نصفين متشابهين وهي تلك التي تمر من منتصف ظهر الانسان إلى منتصف الجسم في الجهة الامامية منه (الشكل ٣-٣٥) وعلى هذا فإن جسم حيوان الكنيداريان الشعاعى التكوين ليس له منطقة ظهرية وأخرى بطنية أو جانب أيمن وآخر أيسر.

ويعرف من تلك الشعبة الآن نحو ٩٠٠٠ نوع معظمها يعيش في المحيطات ولو أن القليل منها مثل الهيدرا (Hydra) (شكل ٣-٣٥) يوجد في المياه العذبة. والشعبة مقسمة



الشكل ٣٠٢. اشكال من الكتيدياريات. اغلب الأفراد من هذه الشعبة تعيش في المياه المالحة.

إلى ثلاث طوائف هي .

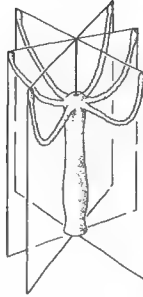
CLASS HYDROZOA

١ - طائفة الهيدروزوا

إن سهولة الحصول على عينات من هيدرا المياه العذبة جعلته أكثر الحيوانات التي يقوم بدراساتها طلبة علوم الأحياء. ومع أن هذا الهيدرا يمثل الصفات الأساسية للشعبة إلا أنه لا يعتبر النموذج الأمثل للشعبة أو حتى للطائفة للأسباب التالية:

أولاً: لأنه ليس كالعالية العظمى لأفراد الشعبة، فهو يوجد في المياه العذبة. ثانياً:

نجماس شعاعي



نجماس جانبي



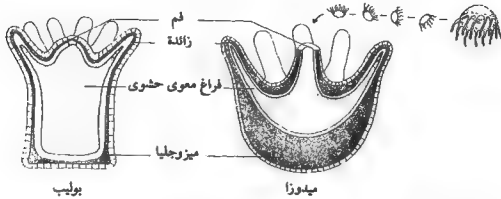
الشكل ٣٠٣٥. الحيوانات ذات النجماس الشعاعي تمش مشقة في بقعة واحدة او تتحرك بكسل شديد.

فهو يوجد في حالة إنفرادية بخلاف معظم أفراد الطائفة التي توجد في مستعمرات. وثالثا فـجسم الهيدرا يمثل شكلا معينا واحدا (بوليب Polyp) (الشكل ٣٠٣٥) بخلاف معظم أفراد الطائفة التي تمثل نوعا ثانيا من الاشكال (ميدوزا Medusa) والتي منها ما يوجد طافيا فوق سطح الماء أو يعم حرا في الماء مما يساعد على إنتشار النوع. وبالرغم من الاختلاف في المظهر الخارجي إلا أن الميدوزا يمثل أساسا بوليب في وضعة المقلوب والشكل رقم ٣٠٣٥ يبين شكلي النوعين السابقين كما يوجدان في الحيوان (Obelia) والذي يعتبر نموذجا مثاليا للطائفة. وجدير بالذكر أن رجل الماء البرتغالي (physalia) والذي تسبب النيماتوسستات (Nematocysts) فيه حالات تسمم قد تكون مميتة للانسان، يتبع هذه الطائفة. ويتكون هذا الحيوان الأخير من مئانة عائمة مملوءة بالغازات والتي يتندى منها سلاسل طويلة من الـ (Polyp).

CLASS SCYPHOZOA

٢ - طائفة مكيفوزوا

الشكل السائد لجسم الحيوانات المعروفة باسم أسماك الجيلي Jelly Fishes التي تمثل هذه الطائفة هو الميدوزا. والجيلي هي ببساطة ميزوجليا مكبرة تحمل زوائد ميدوزا الخلايا اللادعة والتي قد تسبب بعض الأنواع منها آلاما حادة للسباحين.



الشكل ٣٥-٤. الشكلان من الاجسام الموجودة في الكتيديريات. الميدوزا مقلوبة لمشاهدة تشابهها الاساسي للبوليب. وسماك الجيلي (ميدوزا) ما هو الا ميزوجليا مكبر جدا.

CLASS ANTHOZOA

٣ - طائفة الأنثوزوا

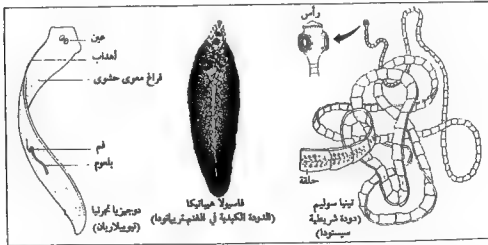
تحتوي هذه الطائفة على الحيوانات المعروفة باسم شقائق البحر (Sea anemones) والمرجان (Corals) والتي تمثل طور البوليب (Polyp) فقط. ويفرز المرجان مأوى له من الجير الذي يعتبر مسئولاً عن تكوين الصخور المرجانية في المناطق الاستوائية. ويمثل شكل (٣٥-٢) النوع *Astrangia darnae* ، هو من الانواع القلائل التي توجد في المياه الشيلية.

٣٥-٤ : الديدان المفلطحة (شعبة الديدان المفلطحة)

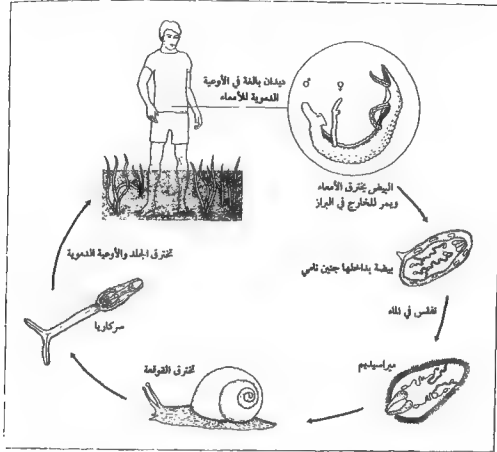
THE FLATWORMS (PHYLUM PLATYHELMINTHES)

تحتوي هذه الشعبة على نحو ٩٠٠٠ نوع، والكثير منها يشبه الشريط ومتماثلة الجانبين، لها جهة يمينى وأخرى يسرى وسطح علوي وآخر سفلي ومنطقة أمامية وأخرى خلفية. والظاهر أن النظام المتناظر له علاقة وثيقة بالحركة. وكثير من الديدان المفلطحة في المياه العذبة والمسماة بلاناريات (Planarians) سريعة الحركة، عند إلتصاقها بسطح تحت سطح الماء فهي تفرز تحتها طبقة لزجة ثم تدفع نفسها للامام في حركة التفاف على هذا المخاط اللزج بضرب الأهداب الموجودة على سطحها السفلي. وعند وجود حيوانات البلاناريا حرة في الماء فهي تعوم بثنى أجسامها في حركات لولبية سريعة مما يسهل لها البحث عن غذائها بنشاط.

ويرتبط مع التماثل الجانبي وجود مجموعة من أعضاء الحس عند الطرف الأمامي لجسم الحيوان. وتمتلك حيوانات البلاتاريا عند طرفها الأمامى أعضاء حس للضوء واللمس والاهتزاز وكلها لمقاومة الاختلافات البيئية التي يقابلها الحيوان، تسمى مجموعة أعضاء الحس هذه في رأس الحيوان باسم (Cephalization) ويدخل غذاء حيوانات البلاتاريا عن طريق الفم الموجود على السطح السفلي منه إلى فراغ جهازى معوي يشبه المثانة، يخرج الغذاء الغير مهضوم عن طريق الفم أيضا كما هو الحال في الهيدرا. والديدان المفلطحة التي تعيش حرة والتابعة لطائفة تربلاريا (Class Turbellaria) ليست معقدة التركيب كما هو الحال في حيوانات بلاتاريا المياه العذبة. وجدير بالذكر أن بعض علماء الأحياء يعتبرون حيوانات طائفة التربلاريا أنها أكثر الحيوانات المتماثلة جانبيا أولية، وربما نشأت كما في حيوانات شعبة الديدان المفلطحة من هذه الطائفة. وعلى العموم توجد ديدان صف التربلاريا الآن في التربة الرطبة والمياه المالحة وكذلك المياه العذبة. وتعتبر حيوانات طائفتين من طوائف شعبة الديدان المفلطحة حيوانات منطفلة كلية، فالطور الكامل للدودة الكبدية (Flukes طائفة التريبوتودا - Class Tre) matoda يبقى ملتصقا بعائلة بواسطة ممصات على سطح السفلي. والكثير ينتج يرقات منطفلة ولكن على عائل آخر وهو في الغالب نوع من القواقع. وديدان الرئة والكبد (الشكل ٥٣٥) طفيليات خطيرة على الانسان وحيوانات أخرى ولو أنه في الوقت



شكل ٥٣٥. أمثلة للديدان المفلطحة. الدودة الشريطية ليس لها جهاز هضمي. (الصورة بتصريح من تيرتوكس).



شكل ٣٥ - ٦. دورة حياة دودة الدم المفلطحة *Schistosoma mansoni*. بمجرد وجودها داخل العائل البديل، قوقعة، قد ينتج ميراسيديم واحد نحو ٢٠٠,٠٠٠ مركاريا معدية. كلا الجنسين لايد من ان يصيبا الانسان اذا ما اريد للعدوى ان تستمر ويزيادة استخدام الرى في المناطق الاستوائية، تزداد فرصة اصابة الانسان بشكل مخيف.

الحاضر تمثل ديدان الدم أخطرها على الإطلاق. فكثر من أنواع جنس *Schistosoma* تصيب الانسان خاصة في المناطق الاستوائية منذ عصور التاريخ الأولى، لكن بناء نظم الرى الحديثة في المناطق التي كانت معتبرة صحراوية كما في مصر مثلا حيث تم بناء سد أسوان أوجد البيئة المناسبة لديدان الدم هذه لتكملة دورة حياتها (الشكل ٣٥-٦) مما جعل الأمراض المتسببة عن هذه الديدان والمسماة Schistosomiasis من أخطر المشكلات الصحية في هذا العصر. والديدان الشريطية Tapeworms (طائفة سيستودا Class Cestoda) كما هو الحال في الديدان الكبدية (Flukes) هي ديدان

متطفلة، إذ تعيش الديدان البالغة في أمعاء عائلها وتمتص المواد الغذائية المحيطة بها. وفي بعض الأنواع تزداد الديدان الشريطية في الطول لتبلغ ٦٠ قدماً أو أكثر. وتحتاج أغلب الديدان الشريطية إلى عائلين أو أكثر لتكتملة دورة حياتها. ويصاب الإنسان بالديدان الشريطية عند تناولة طعاماً غير تام النضج من السمك أو اللحم البقري، يوضح شكل ١٧-١ دورة حياة الدودة الشريطية تينيا سوليم *Taenia solium*.

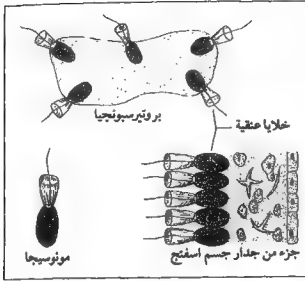
THE ORIGIN OF ANIMALS

٣٥-٥: منشأ الحيوانات

من أي شيء نشأت الحيوانات؟ ببساطة لا نعرف. فلقد حدث ذلك في العصور قبل الكامبريانية (Pre-Cambrian) ولم توجد أي حفريات تضيء لنا الطريق. لذلك فإننا مضطرون لاختبار أدلة مثل الأعضاء المتشابهة، التشابه في نظام المنشأ الجيني، حتى التشابهات الكيميائية - حيوية - وكلها في نماذج حية - وذلك لتقدير الأساس لتأملاتنا.

وبينما ظهرت نظريات كثيرة لتوضيح منشأ الحيوانات فإنها كلها تقع في مجموعتين واضحتين. المجموعة الأولى تقول أن الحيوانات عديدة الخلايا نشأت نتيجة تكوين مستعمرات من الخلايا، ثم تخصصت بعض تلك الخلايا داخل المستعمرة لتكوين أعضاء متخصصة من أعضاء الحيوان، وجود خلايا حلزونية عتقية في الاسفنجيات تشبه الحيوانات السوطية وحيدة الخلايا يؤيد نشوء الاسفنجيات بهذه الطريقة (الشكل ٣٥-٧).

وربما نشأت الحيوانات الأخرى خلاف الاسفنجيات بمثل الطريقة السابقة، ولو أن بعض علماء الأحياء يعتقدون أن الحيوانات نشأت من خلايا أولية تعيش في مستعمرات ولكن على شكل كرة مجوفة من الخلايا (تشبه الفولفوكس *Volvox* أحياناً في المظهر) (شكل ٣٣-١٢) ويؤيد هذه النظرية تركيب البلاتيولا *Planula* هذا الطور البرقي للكثير من الكنيداريات (Cnidarians) إذ تبدأ البلاتيولا حياتها ككرة مجوفة من الخلايا، ثم هجرة بعض الخلايا السطحية للبرقة المذكورة للداخل مكونة طبقتين من الأنسجة ثم يتكون بعد ذلك الفراغ جوف معوي للحيوان البالغ. وتعتبر الديدان المفلطحة التي تحتوي على فراغ جوف معوي له فتحة واحدة من سلالة الكنيداريات. وفي الواقع فإن بعض الديدان المفلطحة لها خلايا لاذعة تستخدمها لأغراض دفاعية.



شكل ٧-٣٥. وجود خلايا عتقية في الاسفنجيات يجعلنا نعتقد ان هذه الحيوانات العديدة الخلايا نشأت من اشكال تجمعية مثل البروتيروسبونجيا. وهي بدورها قد تكون قد نشأت من اشكال وحيدة الخلية.

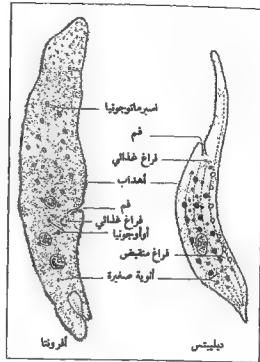
ويوجد شرح آخر لنشأ الحيوانات يوضح بأنها نشأت من حيوانات أولية هدية ذات أهداب طويلة وذات أنوية متعددة مبعثرة في السيتوبلازم، وتتمو أعشبة تحيط بكل من الأنوية مكونة خلايا عديدة منفصلة تنشأ منها الحيوانات العديدة الخلايا. وفي الواقع فإن بعض الديدان المفلطحة الصغيرة تشبه الحيوانات الأولية الهدبية في نواح عدة، منها أن أجسامها عبارة عن كتلة من السيتوبلازم المحتوي على عدة أنوية، وطريقة حركتها وتغذيتها تشبه إلى حد كبير الأوليات الهدبية.

٦-٣٥: الديدان الاسطوانية: شعبة النيماتودا

THE ROUND WORMS (PHYLUM NEMATODA)

الديدان الاسطوانية أو النيماتودا حيوانات مستطيلة ومستديرة، هي تختلف عن الديدان المفلطحة (والتي ربما تكون قد نشأت منها) في وجود قناة هضمية تمتد من الفم في الأمام إلى فتحة الشرج في الخلف مما يمنع اختلاط الغذاء الداخل مع الفضلات الخارجة. وبعد دخول الغذاء من فتحة الفم يبدأ هضمة خطوة تلو الخطوة بمروره في قطاعات القناة الغذائية المختلفة، في النهاية يخرج الغذاء الغير مهضوم من فتحة الشرج. وللنيماتودا فراغ جسم بين القناة الهضمية وبين جدار الجسم وفي الفراغ توجد أعضاء داخلية مختلفة منها الأعضاء التناسلية. وأغلب ديدان النيماتودا صغيرة الحجم، ولكن القليل منها كالاسكارس *Ascaris* قد يبلغ القدم في الطول، وبعضها الذي يتطفل على

شكل ٨.٣٥. دودة مفالطحة
سينليتيال (يسار) مقارنة مع
حيوان اولى هدي (يمين).
الخلايا الحقيقية الوحيدة في
افروتا هي الألووجونيا،
الاسبرماتوجونيا.



الحيثان قد يصل إلى ثلاثة أمتار في الطول. ويمكن تمييز ديدان النيباتودا بحركتها التمرجية وهي تكثر في التربة الغنية بالمواد العضوية. وأمكن معرفة مايقرب من ١٠٠٠٠ نوع من ديدان النيباتودا، هي تعيش في كل مكان، إذ توجد في المياه العذبة والمياه المالحة وفي التربة، أما عن الطفيليات فهي تعيش في أجسام النباتات والحيوانات ومعظم ديدان النيباتودا تعيش حرة، ما يهم الانسان منها هي الأنواع المتطفلة لاهميتها، أخطرها الديدان الخطافية التي تعيش في المناطق الدافئة وتمتص الدم والسوائل من عائلها. والاصابة الشديدة بتلك الديدان الخطافية تسبب الضعف والهزال، وتنشأ الاصابة بالمشي عارى القدمين على تربة مويقة ببراز الانسان. وفي وقت من الأوقات، أصيب نحو ٢ مليون من سكان جنوب شرق الولايات المتحدة الامريكية بهذه الديدان، زيادة الرعاية الصحية للسكان ولبس الأحذية قلل من الاصابة بها لدرجة كبيرة. وتبعاً للاحصائيات الحديثة فانه يوجد بالولايات المتحدة الامريكية أكثر من أربعة ملايين فرد أصيبوا بشدة بالدودة الحلزونية (من ديدان النيباتودا). *Thichinella spiralis* وتأتي الاصابة بسبب تناول لحم خنزير نئىء أو غير مطبوخ جيداً ويحوي هذه الدودة (الشكل ٩-٣٥). ويجب افتراض ان جميع لحوم الخنزير مصابة بتلك الدودة نظراً



الشكل ٩-٣٥. يرقات التريكينللا الحلزونية متحصلة في عضلة خنزير (تكبير ٢٥ مرة).

لقصور التفتيش عن وجود هذه الدودة بواسطة المسؤولين . وجدير بالذكر أن الدودة المذكورة تقضى بعض أطوارها في عضلات الانسان الذي يموت تموت الدودة تبعا لذلك . هذا ولقد تسببت الاصابة الشديدة بهذه الدودة في حدوث بعض الوفيات . ويصاب الانسان، خاصة الاطفال، كذلك بأنواع اخرى من ديدان النيماتودا كالاسكارس (*Ascaris*) والديدان السوطية (*Whip Worms*) والديدان الدبوسية (*Pin Worms*) وكلها تعيش في الامعاء . وتنتشر الاصابة بها بسبب الاهمال في اتباع العادات الصحية السليمة . ومع ذلك فان الاصابة بتلك الديدان ليست شديدة ويمكن العلاج منها بسهولة . ويجب علاج الكلاب الموجودة بكثرة في المنازل دوريا من دودة الاسكارس . أما عن دودة الفلاريا (*Filaria*) التي تسبب مرض الفيل (*Elephantiasis*) فهي احدى ديدان النيماتودا المتعددة التي تصيب الانسان في المناطق الاستوائية (شكل ٢١-٢٣).

ولن يصبح حصرا للديدان النيماتودية كاملا الا بذكر مقدار الضرر البالغ الذي تسببه تلك الديدان للمحاصيل الزراعية كالبرتقال والفراولة . ولا تسبب تلك الديدان في موت تلك المحاصيل بل تضعفها للدرجة كافية تجعلها عرضة للاصابة بأفات أخرى . وفي السنوات الاخيرة فقط تنبه الباحثون الزراعيون إلى أن الاصابة بالنيماتودا كانت السبب في فقد نسبة كبيرة من المحاصيل سنويا .

٣٥-٧: الديدان الحلقية (شعبة الديدان الحلقية)

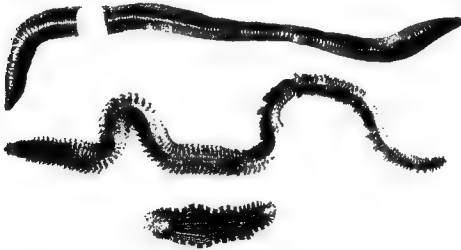
ANNELED WORMS (PHYLUM ANNELIDA)

أجسام الديدان في هذه الشعبة مقسمة إلى حلقات أي مكونة من وحدات متشابهة متتابعة، ولو أن بعض الأجهزة كالجهاز الهضمي مثلا يمتد بطول الجسم، إلا أن البعض الآخر كأعضاء الإخراج فتكون مكررة في كل حلقة من حلقات الجسم، يظهر الجسم من الخارج كسلسلة من الحلقات المتتالية (الشكل ٣٥-١٠).

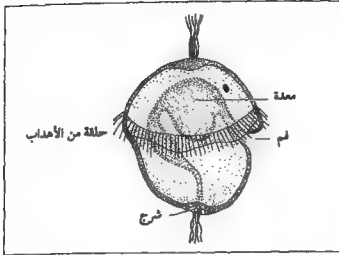
ومن خواص الديدان الحلقية الأخرى أنها جانبية التناظر، ووجود جهاز دوري كامل قادر على دفع الدم في أوعية دموية مغلقة، كما يوجد جهاز عصبي نامي نسبيا، يسير الحبل العصبي الرئيسي بطول السطح السفلي للدودة.

ومن خواص الديدان الحلقية كذلك، التي لا توجد في الحيوانات الأولية، وجود فراغ ملء وسائل مما يساعد على حركة الأجهزة الداخلية وكذلك تسهيل حركة جسم الدودة.

وهذا الفراغ مبطن من الداخل بطبقة ميزودرمية. ومنشأ هذا الفراغ في الجنين يختلف عن منشئه في الحيوانات الفقارية (انظر القسم ١٨-٣)، إذ أنه عند الانقسام الجنيني المبكر تتكون خلايا ميزودرمية خاصة داخل الجنين، الانقسام الميتوزي لهذه الخلايا ينتج عنه كتلة من النسيج الميزودرمي، يلي ذلك ظهور فراغ داخل تلك الكتلة



شكل ٣٥-١٠. امثلة للديدان الحلقية. أعلى: دودة أرض (أوليغوكتا). وسط: كلام (دودة) (بوليكيتا). أسفل: علق (هيرودينيا).



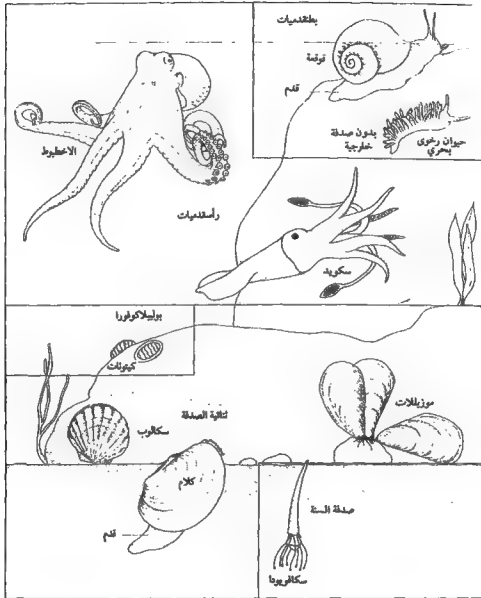
الشكل ١١-٣٥ . يرقة
تروكوفورا، وهي تنتج
بواسطة أفراد عدة شعب
حيوانية منها الديدان الحلقية
والرخويات .

الميزودرمية، ثم يكبر هذا الفراغ بعد ذلك مكونا الفراغ الجوفى المذكور . ولقد تم وصف ٨٩٠٠ نوعا من الديدان الحلقية تابعة لثلاث طوائف (Classes) أكبرها طائفة بوليكتا (Polychaeta) التي تحتوي على الديدان البحرية مثل دودة الكلام (Clam Worm) (الشكل ١٠-٣٥)، وتنتج هذه الديدان يرقات تعوم حرة في الماء تسمى (Trachophores) (الشكل ١١-٣٥) . وتتبع دودة الأرض العادية وعدد من ديدان المياه العذبة طائفة (Oligochaeta) ويتبع الطائفة الثالثة والمسماة (Hirudinea) أنواع العلق الطبي (Leeches) (الشكل ١٠-٣٥) .

٨-٣٥ . الرخويات (شعبة الرخويات)

MOLLUSKS (PHYLUM MOLLUSCA)

تعتبر شعبة الرخويات من أهم شعب المملكة الحيوانية التي تعيش على سطح الأرض في وقتنا هذا، إذ تضم نحو ١٠٠,٠٠٠ نوعا . وتتكون أفراد الشعبة من حيوانات رخوة غير مقسمة إلى حلقات (فيما عدا الحيوانات التي يحميها غطاء أو أكثر صلب مكون من كربونات الكالسيوم يسمى صدفة) . وتنشأ تلك الاغطية الصلبة (Shells) أو المصاريع (Valves) من جدار الجسم المسمى قننوس (Mantle) وتعيش أغلب الرخويات في المياه المالحة ولو أن الكثير منها أيضا يعيش في المياه العذبة والبعض الآخر يوجد على اليابسة . وتنقسم تلك الشعبة إلى ثلاث طوائف رئيسية وعدد آخر من الطوائف الأقل أهمية، والطوائف المذكورة هي :



الشكل ٣٥-١٢. أمثلة للرخويات.

CLASS BIVALVIA

١ - طائفة ذوات المصراعين:

تعتبر الكلامات (Clams)، (Oysters) والقواقع، الاسكالوب وغيرها حيوانات جانبية التماثل ولذلك فهي قليلة الحركة، والحيوانات المتحركة منها يمكنها الانتقال من مكان إلى آخر بواسطة قدم عضلي سميك يخرج من بين المصراعين (شكل ٣٥-١٢).

والكثير من حيوانات ذوات المصراعين تكون غذا جيدا للانسان ، كما تنمو اللاليء بواسطة بعض أنواع الـ (Oysters)، وعلى الوجه الاخر تسبب دودة البواخر وهي تابعة لهذه الطائفة أضرارا بالغة للقوارب والمراكب الخشبية ، إذ تحفر تلك الدودة أنفاقا في الأخشاب الموجودة أسفل سطح الماء بواسطة الصمامات الصلبة .

٢ - طائفة ذوات المصراع الواحد (جاستروبودا) CLASS GASTROPODA

تحتوي هذه الطائفة على القواقع العادية ذات المصراع الواحد الذي يغطي الجسم من اعلى (Snails) وكذلك الحيوانات عديمة المصاريح (Slugs) والغطاء أو المصراع الواحد هذا حلزوني الشكل كما هو الحال في أجهزة الحيوان الداخلية . البرقة فقط جانبية التماثل بخلاف الحيوان البالغ فليس له تماثل بالمره . تتغذى القواقع المذكورة بكحت غذائها بواسطة عضو يشبه اللسان يسمى راديو لا (Radula)، وللقواقع رأس واضحة تحمل زوجا من الأعين المحمولة على نتوئين بارزين . وتعيش معظم الانواع في المياه المالحة ولو أن البعض يعيش في المياه العذبة وعلى اليابسة . والقواقع الارضية (أو قواقع الحدائق عديمة المصاريح Slugs) داكنة اللون في حين أن مثيلاتها التي تعيش في البحار فألوانها زاهية ومزخرفة .

ولو أن بعض أنواع القواقع تكون غذاء شهيا للانسان ، الا ان الضرر الناتج عنها يفوق بكثير فوائدها الغذائية . فكثير من القواقع البحرية (مثل Oyster drill) تتغذى على القواقع ذوات المصراعين الهامة تجاريا ، الأهم من ذلك هو الضرر البالغ الذي تحدثه بعض القواقع الأرضية (Snails , Slugs) للمحاصيل الزراعية في بعض أجزاء العالم وتكون بعض تلك القواقع عائلا وسطيا للديدان المفلطة . ومع هذا فان بعضا من تلك القواقع يدخل السرور في قلوب جامعيتها من السواحل البحرية .

٣ - طائفة السفالوبودا : CLASS CEPHALOPODA

يتبع هذه الطائفة الأنواع المعروفة من الاخطبوطيات Nautilus, Squid, Octopus وكلها لها رأس جيدة النمو تحمل عيونا ظاهرة ومحاطة بحلقة من الانزوع (عدها ثمانية في الاخطبوط ، وعشرة في الاسكويذ) التي تساعد في الحركة وامساك الفريسة . جميع أفراد هذه الطائفة تعيش في المياه المالحة .

وتعتبر حيوانات طائفة السفالبودا أعقد أفراد الشعبة، كما تحتوي على أكبر الحيوانات اللاقارية حجما حيث ثبت وجود أخطبوط طولها ٢٨ قدما، سكويد طولها ٦٠ قدما. وللأسكويد طريقة عجيبة في الحركة والدفاع إذ يمكنه التحرك بسرعة كبيرة بدفعه بقوة تيارا من الماء من تحت القلنسوة. وعند الخطر، يستخدم الأسكويد مقدرة هذه في دفع الماء للهروب وذلك بإفرازه سائلا حبريا داكنا في الماء وبذلك يختفى عن عدوه. وعموما فإن الأخطبوط والأسكويد يعتبران غذاءا هاما للإنسان في بعض مناطق العالم.

٤ - طائفة سكافوبودا: CLASS SCAPHOPODA

وهي القواقع المسننة وعددها قليل وبحرية إذ تقضى طورها اليرقي مدفونة في الرمل، تتغذى بترشيح الكائنات الدقيقة من الماء الذي تسحبه عن طريق الفتحة الموجودة في الجزء البارز الموجود في نهاية الصدفة.

٥ - طائفة البوليبلاكو فوراً: CLASS POLYPLACOPHORA

الحيوانات حيوانات تعيش مخفية على الشواطئ، تتكون صدفتها من عدة (غالبا ثمانية) صفائح موجودة فوق بعضها البعض.

٦ - طائفة المونوبلاكو فوراً: CLASS MONOPLACOPHORA

الى حين ظهور أفراد الجنس *Noopilina* (الشكل ٣٥-١٣) عام ١٩٥٢ م كان المعتقد ان أفراد هذه الطائفة قد اندثرت منذ ملايين السنين. هذا القوقع هام من الناحية العلمية، إذ أنه بجانب وجود صفات الشعبة على سطحه الخارجي الا أنه مقسم إلى حلقات داخلية مما يدل على وجود تشابه بينه وبين الديدان الحلقية. وكون ان الرخويات تنتج ايضا يرقات تروكوفور (Trochophore) هو دلالة اضافية على وجود صلة أو علاقة بينها وبين الديدان الحلقية. وعموما فان فراغ الجسم (Coelom) الموجود في الديدان الحلقية موجود أيضا في القواقع ولكنه مصغر جدا.

ولو أن القواقع الأولى كانت مائة إلا ان إستعمار اليابسة بالنباتات جعل الكثير منها ينزح إلى الأرض. ووجود الصدفة للحماية وكون ان الإخصاب في هذه الشعبة داخلي، بجانب القلنسوة التي تعمل كالرئة، ساعد على التزوج من الماء إلى اليابسة. ونظرا



الشكل ١٣-٣٥ . نيوبيلينا.
هذا الحيوان الرخوي الاول
اكتشف عام ١٩٥٢،
ويختلف قليلا عن اقرب
الحيوانات اليه، وهو حيوان
بيلينا، والذي انقرض منذ
٣٦٠ مليون سنة (من تقليد
جالاثيا).

لتجتاح الرخويات عامة في التطور والبقاء على مر العصور، فانها أصبحت الآن أحد أكثر ثلاثة شعب في تعدادها التي تعيش على سطح الارض. وجدير بالذكر أن بعض الصدف الذي يكسوتك القواقع بلغ ١٥ قدما في الطول. وفي عصر الميوزيك كانت أفراد الأمونيتات (من شعبة الرخويات) هي السائدة في البحار على جميع الحيوانات اللافقارية.

٩-٣٥ : مفصليات الأرجل (شعبة مفصليات الأرجل)

THE ARTHROPODS (PHYLUM ARTHROPODA)

إذا وضع في الحسبان أعداد الانواع التي تتكون منها أية شعبة حيوانية، فان شعبة مفصليات الأرجل تعتبر أهم شعبة على وجه الارض في يومنا هذا. ولقد تم وصف أكثر من ٧٠٠٠٠٠ نوع منها حتى الآن، هو عدد يفوق عدد جميع أنواع المملكة الحيوانية الأخرى، إلا أنه لازالت هناك أنواع جديدة يتم إكتشافها في البيئات المختلفة. وتمتلىء المياه العذبة والملحية والترية وتقريبا كل سطح الأرض بحيوانات مفصليات الأرجل. وفي الواقع فإن حيوانات مفصليات الأرجل تعتبر الوحيدة التي تسكن في داخل المنطقة القطبية وعلى الثلج وعلى السفوح الصخرية لأعلى الجبال.

وجميع أفراد هذه الشعبة بجسمها المقسم إلى حلقات والمحاط بغلاف خارجي صلب و مفصلي و مكون أساس من مادة الشيتين (Chitin) (N-acetylglucosamine) (انظر الشكل ٣٣-١٤). والحيوان المفصلي متناظر جانبيا ويحمل أزواجا من الزوائد المفصلية المرتبة على جانبي الجسم. والزوائد المفصلية هذه بجانب وظيفتها في الحركة فهي أيضا قد تساعد في تناول الغذاء وقد يكون لها وظائف حسية أو دفاعية أو هجومية.

وبخلاف ما يوجد في الديدان الحلقية، فإن حلقات حيوانات مفصليات الأرجل تختلف في تركيبها من الأسام إلى الخلف، توجد تلك الزوائد المفصلية على الرأس والصدر والبطن. والجهاز الدوري في مفصليات الأرجل من النوع المفتوح (يعكس ما هو موجود في الديدان الحلقية)، إذ أن الدم هناك يوجد داخل أوعية مقللة. ويمرر الجهاز العصبي المركزي في مفصليات الأرجل، كما في الديدان الحلقية، على الجهة البطنية للحيوان.

تحت شعبة ترايلوبيتومورفا: SUBPHYLUM TRILOBITOMORPHA

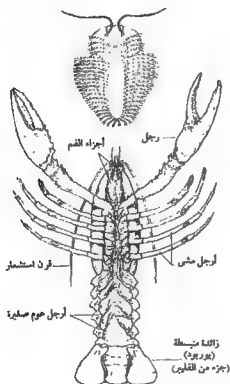
من بين الحفريات العديدة التي وجدت في العصر الكامبرياني وجدت حفريات مفصليات الأرجل المعروفة باسم ترايلوبيت (Trilobites) وهي حيوانات مقسمة إلى حلقات ولها أزواج من الزوائد المفصلية وهيكل خارجي يشابه ذلك الموجود في مفصليات الأرجل الحديثة. ويمكن التخمين بأن الزوائد الأمامية كانت تستخدم في تناول الغذاء والحلقة في الحركة، إلا أنها جميعا متشابهة في التركيب (الشكل ٣٥-١٤).

تحت شعبة شيليسيراتا: SUBPHYLUM CHELICERATA

في أفراد تحت الشعبة هذه يندمج الرأس مع الصدر مكونان معا ما يسمى بالرأس الصدري (Cephalothorax) والزوج الأول من الزوائد المفصلية محور إلى ملامس (Chelicera) ومنه أخذت تحت الشعبة اسمها. لا يوجد قرن استشعار في أفراد هذه التحت شعبة والتي تنبعها الطائفتين التاليتين:

١ - طائفة ميروستوماتا: CLASS MEROSTOMATA

أندر معظم أفراد هذه الطائفة الآن والتي كانت حيوانات مائية تسمى Eurypterids



شكل ١٤-٣٥. حيوان
ترايلوبيت (أصل) وجميري
للمقارنة. الزوائد المفصليّة
المزدوجة في الجميري تظهر
تخصصاً وظيفياً وتركيباً أكثر
من زوائد الترايلوبيت.

التي ظهرت أولاً في العصر الكمبرياني (الشكل ١٥-٣٥)، كانت تلك الحيوانات أكبر
حيوانات مفصليات الأرجل حجماً إذ وصل حجم أحد أنواعها إلى أكثر من تسعة أقدام
في الطول. هذا وربما نشأت حيوانات هذا العصر من الترايلوبيت، وعموماً اندثرت
الترايلوبيتات واليوريتريدات في نهاية العصر الباليوزوي. والحيوان الوحيد الموجود في
العصور الحديثة من هذه الطائفة هو الحيوان المسمى ليمولاس (*Limulus*) (أو سرطان
حدوة الحصان) (الشكل ١٦-٣٥) الذي لم يتغير منذ نشأة الجنس في العصر الترياسي
منذ ٢٠٠ مليون سنة.

CLASS ARACHNIDA

٢ — طائفة العنكبوتيات

نشأ أفراد هذه الطائفة من اليوريتريدات، كانت عند نشأتها مائية ثم نشأت منها
الأفراد الأرضية في الزمن السيليورياني (Silurian) ويتبع هذه الطائفة الآن العقارب
والحلم والقرداد والعناكب (الشكل ١٧-٣٥). تتنفس تلك الحيوانات الهواء الجوي
وتتحرك بواسطة أربعة أزواج من الأرجل المفصليّة. وتعتبر أنواع الحلم والقرداد من
الطفيليات الضارة بالإنسان والحيوان إذ ينقل القرداد عدداً من الأمراض مثل حمى جبل



الشكل ١٥-٣٥. احادة تركيب أعده فنان للحياة المائية. في العصر السيلورياني. الحيوان ذات الحلققات هو يوريثيريون، مجموعة مندفرة الآن من الميوسومات المائية. (بتصريح من المتحف الحلقى للتاريخ الطبيعي).

روكي (Rocky Mountain Fever) وتلدغ العقارب وبعض العناكب فريستها لدغا مؤلماً ومن تلك العناكب النوع المسمى بالأرملة السوداء الموجود في أمريكا الشمالية (ولو ان لدغتها ليست قاتلة للانسان البالغ).

SUBPHYLUM MANDIBULATA

تحت شعبة مانديبولاتا

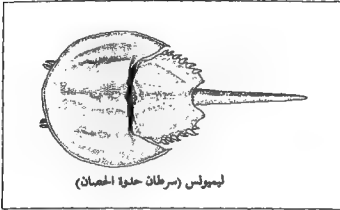
لأفراد هذه التحت شعبة زوج من الفكوك العليا تستخدم في التغذية ولها قرون إستشعار ويتبعها أربعة طوائف رئيسية هي :

(CLASS CRUSTACEA)

١ — طائفة القشريات

ظهر أفراد هذه الطائفة لأول مرة في العصر الكامبرياني وأقرب أقربائها حيوانات التريلوبيات. الأفراد لها أرجل مشى وملاقط وأجزاء فم خاصة (بها فكوك عليا) وقرون إستشعار (زَوْجَان) (الشكل ١٨-٣٥).

والرأس والصدر في القشريات متدمجان لتكوين الرأس الصدري. وتحتوي هذه الطائفة الجمبري واللوستر و سرطان البحر وغيرها. وتعيش القشريات في المياه العذبة

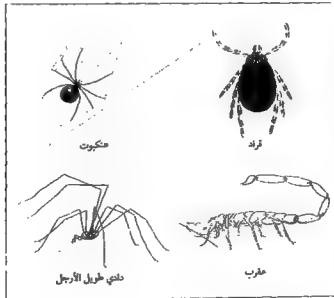


ليمولس (سرطان حلوة الحصان)

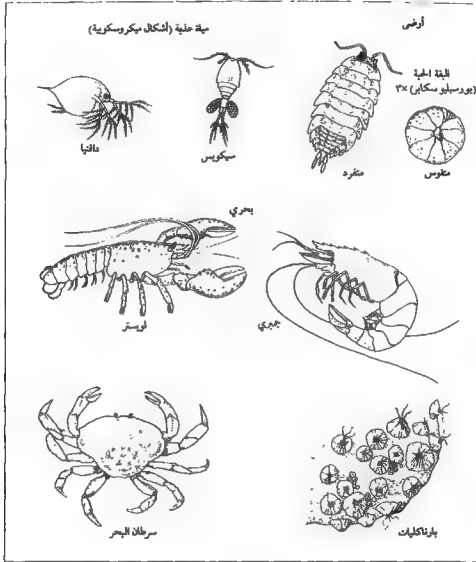
شكل ١٦-٣٥. هذه الحفرية
الحية وجدت في البحر بدون
تغيير لمدة ٢٠٠ مليون سنة.

والمالحة فيها عدا القليل منها الذي يعيش تحت الأحجار وكتل الأخشاب. وتتغذى جميع
الأفراد بالخياشيم ويختلف حجمها من الصغير جدا الذي لا يرى إلا بالمجهر إلى الكبير
كاللويستر وسرطان البحر الذي يزن عدة كيلو جرامات.

ويعتبر الجمبري واللويستر وسرطان البحر غذاء هام في بعض بقاع العالم، كما أن
القشريات أيضا غذاء هام للأسماك والثدييات ويتغذى الحوت الأزرق الكبير الذي
يبلغ طوله نحو ١٠٠ قدم أساسا على القشريات.



شكل ١٧-٣٥. أمثلة للمتعضيات. هذه المفصليات الأرجل لها أربعة أزواج من الأرجل ولا يوجد
بها قرون استشعار.

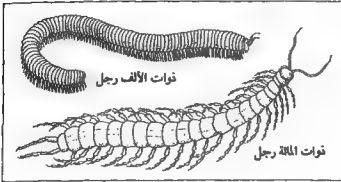


شكل ١٨-٣٥ . أمثلة للقرشيات . هذه الطائفة من مفصليات الأرجل نجحت تماما في المعيشة في البحار .

CLASS CHILOPODA

٢ - طائفة الشيلوبودا

وهي الحيوانات المعروفة باسم عديدات الأرجل أو ذوات المائة رجل Centipedes (الشكل ١٩-٣٥) وهي حيوانات طويلة ومفلطحة وتحمل كل حلقة خلف الرأس زوجا من الأرجل . وهي حيوانات مفترسة تتغذى على الحيوانات بمساعدة الزوج الأول من الأرجل ، الذي يحمل ، غددا سامة .



الشكل ١٩-٣٥ . فوات
الألف رجل لها زوجان من
الأرجل على كل حلقة ،
فوات المائة رجل لها زوج
واحد فقط على كل حلقة .

CLASS DIPLOPODA

٣ - طائفة الديلوبودا :

تسمى أفراد هذه الطائفة بذوات الألف رجل (الشكل ١٩-٣٥) ،
تختلف عن حيوانات ذوات المائة رجل في أن كل حلقة تحمل زوجين من الأرجل .
الحيوانات جسمها أكثر إستدارة عما في ذوات المائة رجل وهي تتغذى على الأعشاب .
وربما نشأت حيوانات ذوات المائة والألف رجل في العصر الديفوني ولو أن حفرياتها لم
تظهر إلا في العصر الكربوني .

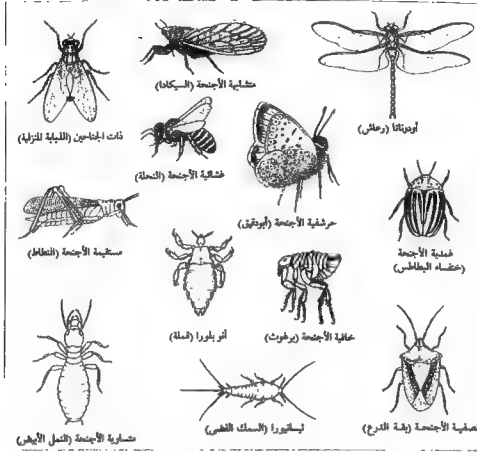
CLASS INSECTA

٤ - طائفة الحشرات

نشأت الحشرات في العصر الديفوني وأصبحت أفراد هذه الطائفة هي السائدة على
الأرض عن غيرها من طوائف مفصليات الأرجل الأخرى ، وتوجد في كل مكان فيما عدا
المياه المسالحة (حيث تسود القشريات) . ومعروف من الحشرات الآن أكثر من
٧٠٠,٠٠٠ نوع أي أكثر من نصف الأحياء الحيوانية الأخرى الموجودة على وجه
الأرض (ويتم الآن إكتشاف نحو ١٠,٠٠٠ نوع من الحشرات سنويا) .

يقسم جسم الحشرة إلى ثلاثة مناطق : الرأس والصدر والبطن ، يتكون الصدر من
ثلاث حلقات واضحة يحمل كل منها زوجا من الأرجل . وأغلب الحشرات في طورها
البالغ لها زوجا أو زوجين من الأجنحة على الصدر ، كما أن لها زوجين من قرون
الاستشعار على الرأس .

تقسم طائفة الحشرات إلى رتب مختلفة تبعا لتطورها وتركيب أجنتها وأجزاء فمها ،
الشكل (٢٠-٣٥) يوضح بعضا من تلك الرتب .



الشكل ٣٥-٢٠. أمثلة للرتب الرئيسية في الحشرات. جميع الحشرات لها ثلاثة أزواج من الأرجل.

وأمكن للحشرات أن تعيش في الأماكن الجافة إذ أن هيكلها الخارجي غير منفذ للماء ويحمي أجسام الحشرات من الموت بسبب الجفاف. يحدث تبادل الغازات في الحشرات بواسطة جهاز التنفس المكون من القصبات الهوائية (انظر قسم ٢١-٥) والتي تمتد في كل أجزاء الجسم. والزوائد المزدوجة المفصليّة والمزودة بمخالب لا تساعد فقط على الحركة بل تساعد أيضا في تناول الغذاء. وتقوم الفكوك العليا والفكوك السفلي بتناول الغذاء إما بالثقب أو المضغ أو الهرس.

واكتسبت الحشرات أيضا صفة هامة تمكنها من العيش على الأرض وهي وجود الأجنحة للطيران (وكانت الحشرات أول الأحياء التي استخدمت الأجنحة للطيران). الأخصاب الداخلي ونمو الجنين داخل بيضة غير منفذة للماء سهل تقابل الحيوان المنوي

للذكر والبيض في الأنثى بدون مساعدة الماء . وأخيراً فإن مقدرة الحشرات على إخراج نفاياتها المحتوية على نيتروجين على شكل حمض يوريك يعتبر تطوراً هاماً للملاءمة المعيشة في المناطق الجافة وذلك لأحتياج حمض اليوريك لأقل كمية من الماء لإخراجه وكذلك لأمكانية الحشرات في إستخدام هذا الماء القليل ثانية في المستقيم لإخراج برازها الذي يعتبر جافاً نسبياً .

ونظراً للكفاءة الكبيرة الموجودة في تركيب ووظيفة الحشرة فهذا جعلها من أنجح الكائنات الموجودة على الأرض ، وهي تعيش في كل مكان - فيما عدا المحيطات ، ولذلك فهي منافسا الرئيسي على الغذاء .

PHYLUM ONYCHOPHORA

٣٦-١٠ : شعبة الأونيكوфора

لاتدلنا الحفريات إلا قليلاً على الصلة الموجودة بين ذوات المائة رجل وذوات الألف رجل والحشرات أثناء تطورها . وعلى العموم فيوجد حيوان حى الآن يسمى بريباتس *Peripatus* يؤيد النظرية القائلة بأنها أي شعبة الأونيكوфора نشأت من حيوان دودى الشكل مقسم إلى حلقات . وحيوان البريباتس هذا (الشكل ٣٥-٢١) له تقسيم داخلي وزوجاً من أعضاء الأخراج يشبه النفرديدا في كل حلقة وجدار جسم عضلي أملس وكلها تشبه ما هو موجود في الديدان الحلقية . خلاف ذلك فالجهاز الأخراجي والتناسلي يحملان أهداباً كما هو الحال في الديدان الحلقية ، كذلك الجهاز الهضمي والعصبي والأرجل تشابه مثيلاتها في الديدان الحلقية . ولكن من الناحية الأخرى فإن أرجل البريباتس تحمل مخالب تشبه مخالب أرجل الحشرات ، الكيوتيكل فيها المكون من الشيتين ينسلخ دورياً بأكمله كقطعة واحدة متكاملة ، كما هو الحال في مفصليات الأرجل . الجهاز الدورى مفتوح ويمر الدم في فراغ الجسم الكبير . وتنفس تلك الحيوانات بالقصبات الهوائية ، يشبه النشوء الجنيني فيها مثيله في مفصليات الأرجل .

ومن المؤكد أن البريباتس ليس هو منشأ ذوات المائة رجل وذوات الألف رجل والحشرات ، ولكن ربما يدل تركيبه التشريحي الغريب على أنه ربما يكون قد حور قليلاً من أسلاف نشأت منها كذلك مفصليات الأرجل . ولقد وجدت حفريات الأونيكوфора جنباً إلى جنب مع حفريات التريلوبيات والقشريات والديدان الحلقية . ونظراً لوجود أنواع جنس بريباتس ولو بأعداد قليلة معزولة في أواسط وجنوب أمريكا الشمالية وأفريقيا



الشكل ٢١-٣٥ .
البريئات. هذا الحيوان
الصغير له صفات الديدان
الحلقية والحشرات. ويصنف
في شعبته الذاتية،
الاونيكوفورا. كانت الشعبة
في يوم من الأيام واسمة
الانتشار، وهي الآن توجد
فقط في أماكن منعزلة من
المناطق الاستوائية.
(بتصريح من مؤسسة وارنر
للعلوم الطبيعية).

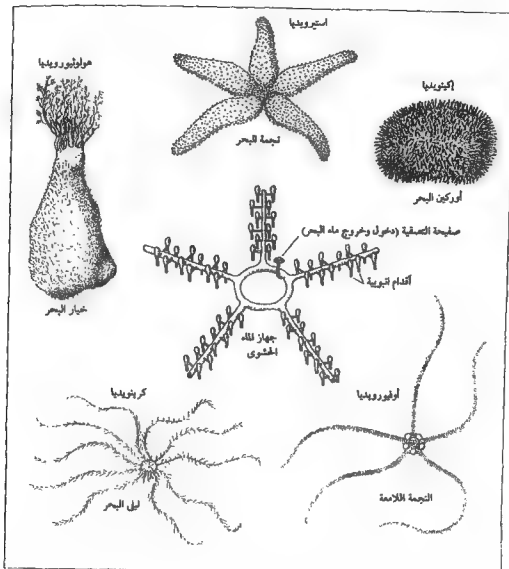
وآسيا وأستراليا فذلك دلالة على أنها أواخر سلالات مجموعة من الحيوانات كانت مزدهرة في يوم من الأيام.

١١-٣٥ : شوكيات الجلد (شعبة شوكيات الجلد):

THE ECHINODERMS (PHYLUM ECHINODERMATA)

تشمل هذه الشعبة نحو ٦٠٠٠ نوعاً تعيش كلها في الماء المالح، أهم صفاتها جلدها الشوكي ونظامها الشعاعي، وربما من أهم صفاتها أيضاً جهازها المائي (شكل ٢٢-٣٥) الغريب إذ تدخل مياه البحر في جهاز مكون من أنابيب حيث تعمل تلك المياه على زيادة اتساع تلك الأنابيب والمسماة بالأقدام الأنبوية (Tube feet) وتوجد محصات على أطراف تلك الأقدام الأنبوية تعمل على تثبيتها على الأسطح الصلبة. هذا وتنقسم الشعبة إلى خمسة طوائف.

وتشبه أفراد زنباق البحر (Sea Lilies) (طائفة كرينويديا Class Crinoidea) النباتات العادية في مظهرها التي يعيش الكثير منها محمولاً على ساق (Stalk) الذي يلتصق بدورة على أي كائن تحت سطح الماء، لذلك كان الشكل الشعاعي لأفراد تلك الشعبة عامة مناسبة لها أكثر من أي شيء آخر. وجميع أفراد تلك الشعبة تنتج يرقات



شكل ٢٢-٣٥. أمثلة لشوكيات الجلد. كل أفراد الشعبة تعيش في المياه المالحة، ولها جلد شوكي وجسمها شعاعي التجانس (كحيوانات بالغة)، وتتحرك ببطء بمساعدة أقدامها الأنبوية. امتداد وانكماش الأنبوية القدمية يسببه حركة مياه البحر الداخلة والخارجة من الجهاز المائي الحشوي.

متناظرة الجانبين تسبح حرة في الماء، ربما يفسر هذا أن شوكيات الجلد الشعاعية نشأت من أسلاف متناظرة الجانبين. ويتكون جسم السمكة النجمية (Starfish) من قرص مركزي يحتوي على القم ومحاط بخمسة أذرع، تستطيع السمكة النجمية (طائفة أستيرويديا Class Asteroidea) الحركة بمساعدة أقدامها الأنبوية ولكن ببطء شديد. والسمك النجمي هام للإنسان من الناحية الاقتصادية، إذ يتغذى على

الحيوانات الصدفية (ذات المصراعين). أما عن النجوم البراقة، (Brittle stars) (طائفة أوفوريديا Class Ophiuroidea) فهي تختلف عن السمك النجمي إذ أن لها أذرع رفيعة تخرج من القرص المركزي أو الوسطى وتتحرك تلك الأذرع حركة سريعة وتشاهد النجوم البراقة بكثرة بجوار بعضها البعض على قاع المحيطات.

ولقنافذ البحر (Sea urchins) والدولارات الرملية (Sand dollars) (طائفة إكينويديا Class Echinoidea) هيكل مجوف ذو سطح مجعد يشبه الصندوق، ويتصل بسطح الصندوق أشواك قد تطول في بعض الأنواع. وتوجد بجسم تلك الحيوانات صفوف من الفتحات التي تسمح بامتداد الأقدام الأنبوبية للخارج. ويمكن تلك الأشواك والأقدام الأنبوبية الحيوانات من التحرك ببطء. هذا وتوكل قنفاذ البحر أحيانا في بعض المناطق الساحلية من العالم.

وخيار البحر (Sea Cucumbers) (طائفة هولوثوريديا Class Holothuroidea) لها جدار جسم خارجي جلدي القوام وليس لها أذرع كما أنه ينقصها الهيكل. وعند مضايقة تلك الحيوانات فانها تنقبض بشدة حتى يزداد الضغط الداخلي الذي يسبب انفجار جدار الجسم العضلي، وبذلك تخرج للخارج أجهزتها الداخلية ومعها مادة لزجة جيلاتينية تعوق الحيوانات المفترسة مما يعطى فرصة لخيار البحر بالهرب بعيدا حتى يمكنها أن تبدأ في بناء ما فقدته من أجزائها المفقودة من جديد.

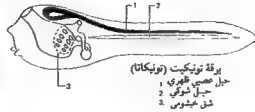
٣٥-١٢ : الحبليات (شعبة الحبليات) :

THE CHORDATES (PHYLUM CHORDATA)

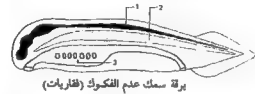
تحتوي شعبة الحبليات على نحو ٤٤,٠٠٠ نوع وكلها جانبية التناثر ولها بعض نظام التقسيم إلى أجزاء، كما يوجد هيكل داخلي. وهي تختلف عموما عن بقية الكائنات الأخرى بثلاث صفات رئيسية (الشكل ٣٥-٢٣): (١) فكل الحبليات لها حبل ظهري (Notochord) مرن وخطي الشكل ولو في أحد أطوارها من النمو على الأقل، يقع هذا الحبل فوق القناة الهضمية ويمد الجسم بدعامة داخلية كافية. وفي أغلب الحبليات يحل محل هذا الحبل عمود فقري قبل الوصول إلى سن البلوغ أو النضوج. (٢) جميع الحبليات لها في بعض أطوار نموها أزواج من الجيوب الخشومية (Gill Pouches) وهي



تونيكت بالغة (هالوسينيتا)
Courtesy Ralph Buchsbaum



برقة تونيكت (تونيكتا)
١. حبل عصبي ظهري
٢. حبل شوكي
٣. شق خيشومي



برقة سمك عدم الفكوك (فقاريات)



امفيوكساس (كيفالوكورداتا)

شكل ٢٣-٣٥. ثلاثة حبلية. ولو ان الاشكال البالغة لهذه الحيوانات الثلاثة تختلف بشكل واضح، ولكنها في وقت من الاوقات تظهر الثلاثة صفات الرئيسية للحبلية والمكتوبة في الشكل (الامفيوكساس بتصريح من نيرتوكس).

جيوب جانبية من الزور ويدل عليها من الخارج أزواج من الشقوق. وفي الحبلية المائية تعمل الجيوب الخيشومية طريقا لها للخارج مكونة شقوق الخياشيم (Gill slits) وهذه الجيوب تسمح بخروج الماء الذي يدخل عن طريق الفم ويمر فوق تلك الخياشيم. وفي الحبلية الارضية لا تعمل الجيوب الخيشومية طريقا لها للخارج ولكنها تنحور كثيرا أثناء الأطوار التالية من النشوء. (٣) تمتلك كل الحبلية حبالا عصبيا مجوفا ينمو على السطح العلوي للجسم فوق الحبل الظهري، ويكبر هذا الحبل العصبي عند مقدمته كثيرا مكونا المخ.

تتكون هذه الشعبة من ثلاث تحت شعب أكبرها جميعا تحت شعبة الفقاريات (Ver-tebrata) والتي تحتوي على جميع الحيوانات التي لها عمودا فقريا (مثل الانسان والأسماك والضفادع والثعابين والطيور وغيرها من الثدييات). ونظرا لكثرة وجود الحيوانات الفقارية على سطح الأرض فذلك يجعلنا نقسم المملكة الحيوانية إلى فقاريات ولا فقاريات. وجدير بالذكر أن دراسة التحت شعبتين التاليتين والتابعتين لشعبة الحبلية هام من الناحية العملية إذ أن دراستهما تفتح لنا الطريق لفهم المنشأ التطوري

للفقاريات .

SYBPHYLUM CEPHALOCHORDATA

تحت شعبة الرأس حبليات

الحيوان الصغير (٥ سم) الممثل لهذه التحت شعبة الصغيرة كائن يشبه الأسماك ويسمى أمفيوكساس (Amphioxus) وطوال حياة هذا الحيوان يمتلك الأمفيوكساس حبلًا ظهريًا وحبلًا عصبيًا علويًا مجوفًا وفتحات خيشومية (شكل ٣٥-٢٣) ولو أن هذا الحيوان له القدرة على العوم إلا أنه يقضى معظم وقته مدفونًا في الرمال بينما يقوم في نفس الوقت بترشيح الحبيبات الغذائية اللازمة له من الماء . وعموما فهو حيوان بحري يعيش دائما قرب الشواطئ .

SUBPHYLUM TUNICATA (UROCHORDATA)

تحت شعبة تونيكاتا (يوروكورداتا):

توجد أفراد هذه التحت شعبة في المياه المالحة وتعيش بتناول الحبيبات الغذائية التي يمكنها اصطيادها من الماء الذي ترشحه عند دخوله من الفتحات الخيشومية الموجودة بالحيوان . يحاط الجسم بإداة تسمى تونيك (Tunic) والتي تحتوي على مادة السيليلوز التي لا توجد إلا في النباتات . والكثير من حيوانات هذه التحت شعبة يطلق عليها كذلك اسم (Squirts) إذ أنها تدفع بشدة التيارات المائية عند إنقباض جسمها فجأة .

وبخلاف وجود الفتحات الخيشومية على أجسام تلك الحيوانات، فمن الصعب معرفة سبب وضعها في شعبة الحبليات، إذ لا يوجد بها حبل ظهري أو أنبوبة عصبية ظهريّة، ولكن السبب في وجودها تابعة لشعبة الحبليات هو كونها تنتج يرقات تسبح حرة في الماء، وتلك اليرقات صفات الحبليات إذ يوجد بها الحبل الظهري والجهاز العصبي الظهري (الشكل ٣٥-٢٣) فقط عندما ترسو اليرقات فوق أي مكان تحت الماء ويتم نموها لتصبح حيوانا بالغا فانها تفقد صفات الحبليات . ولسنوات عدة أضاف علماء الأحياء إلى شعبة الحبليات تحت شعبة ثالثة تضم حيوانات بحرية أولية، تسمى تلك الحيوانات بديدان الأكورن (Acom worms) حيث أن لها شقوقا خيشومية وحبلًا عصبيًا علويًا (و آخر سفلي)، بجانب ذلك فيها عضو آخر كان يعتقد أنه آثار حبل ظهري . ولكنثرة الشكوك التي حامت حول هذا الموضوع وتبعيتها لشعبة الحبليات فلقد تم وضع الديدان الأكورنية الآن في شعبة مستقلة تسمى شعبة

النصف حبلديات Phylum Hemichordata

١٣-٣٥ : ديتيروتوستوميا ، بروتوستوميا :

DEUTEROSTOMIA AND PROTOSTOMIA

تنقسم شوكيات الجلد والحبلديات الكثير من الصفات التي لا توجد في الشعب الحيوانية الأخرى، وخاصة أثناء نشوئها الجنيني .

فتكون إنبعاث الجهاز الهضمي في جنين شوكية الجلد والحبلديات (Gastrulation) يبدأ في الجنين من المنطقة التي ستصبح فتحة شرج ، تنمو فيها بعد فتحة أخرى لتصبح فتحة الفم . وفي الشعب الأخرى التي لها قناة هضمية كاملة يبدأ حدوث الأنبعاث عند الجهة التي سيتكون فيها الفم ولذلك وضعت الحبلديات وشوكيات الجلد في مجموعة سميت ديتيروتوستوميا (Deuterostomia) (أي ذوات الفم الثاني) ووضعت باقي الشعب في مجموعة سميت بروتوستوميا (Protostomia) (أي ذوات الفم الأول) .

وتوجد صفات أخرى عديدة تميز الديتيروتوستوميا من البروتوستوميا . وكما هو واضح في الشكل (١٨-١) فالأخاديد الانقسامية (Cleavage furrows) في بعض الحبلديات يحدث في مستويات منتظمة إما متعامدة على بعضها البعض أو موازية لبعضها البعض ، في حين أنه في الحيوانات الأخرى (بخلاف مفصليات الأرجل التي لها طرق إنشقاق خاصة بها) فإن مستوى حدوث الانقسام يكون حلزوني الشكل .

والخلايا التي تنتج عن الانقسام الأول أو الثاني في شوكيات الجلد والحبلديات قادرة على إنتاج جنين متكامل إذا ما أمكن فصلها عن بعضها البعض وبذلك يمكن أن تنتج شوكيات الجلد أو الحبلديات توائم ، في حين أن الخلايا التي تنتج عن الانقسام في حيوانات البروتوستوميا لا يمكنها تكوين جنين متكامل إذ أنها تفقد بعضاً من جهودها ولذلك فلا يمكنها إنتاج توائم متماثلة .

وكلا الديتيروتوستوميا والبروتوستوميا لها تجويف (Coelom) ولكن تختلف طريقة تكوين هذا التجويف . ففي الديدان الحلقية ومفصليات الأرجل والرخويات ينشأ هذا التجويف من انشقاق كتلة من الخلايا الميزودرمية التي نشأت في الجنين ، أما في

الحبلليات والرخويات فينمو التجويف داخل طبقة من الخلايا التي إندفعت للداخل أثناء عملية الأنبعاج (Gastrulation).

ويوجد فرق كيميائي آخر يميز بين الديدانوسوماتيا والبروتوسوماتيا. فالمعروف (انظر الباب الثلاثين) أن مركب فوسفات الكرياتين يعمل كمخزن لطاقة الفوسفات العالية في عضلات الانسان وغيره من الفقاريات الأخرى. وكذلك في كثير من الحبلليات اللافقارية (مثل الأمفيوكساس) وبعض شوكيات الجلد مثل (النجوم اللامعة). أما في معظم الفقاريات التي تم فحصها فقد وجدت بها مادة مشابهة وهي فوسفات الأرجنتين والتي تؤدي على مايقن نفس وظيفة فوسفات الكرياتين. وتحتوي قناذل البحر والديدان الأكورنية والتونيكات على إحدى هاتين المادتين السابق ذكرهما أو على كليهما.

ومن المقترحات التي يذكرها العلماء أن شعبة نيمرتينا Nemertina والتي لم تذكر من قبل، هي أصل شعب شوكيات الجلد والحبلليات. وتحوى شعبة النيمرتينا هذه مجموعة صغيرة من الديدان المفلطحة والتي لها أهداب والتي نظن دائما أنها قريبة الشبه بالديدان المفلطحة ولكن الفرق الوحيد الهام الذي يميزها عن الديدان المفلطحة هو أن الأنبعاج في الجنين في شعبة النيمرتينا يؤدي إلى تكوين جهاز هضمي كامل له فم وفتحة شرج. ومع ذلك فانه في بعض أفراد شعبة النيمرتينا لا يوجد في مكان الأنبعاج Gastrulation فم أو فتحة شرج إذ في أطوار متأخرة من النمو الجنيني تقفل فتحتا الفم والشرج وينشأ عندئذ الفم والشرج في الجهات المقابلة لهما.

وإذا ما افترضنا أن الديدانوسوماتيا من سلالة النيمرتينات (Nemertines) فلا بد من كشف النقاب عن العلاقات التطورية داخل هذه المجموعة. فكل الحبلليات جانبية التماثل وشوكيات الجلد شعاعية التماثل (ولو أن يرقاتها جانبية التماثل)، هذا التماثل الشعاعي في الرخويات البالغة ماهو إلا ملاءمة ثانوية للمعيشة الخشنة التي تعيشها تلك الرخويات. وتدلنا الرخويات على أن شوكيات الجلد الأولى كانت تعيش في مجموعات ملتصقة ببعضها البعض بواسطة ساق (Stalk) وما زالت السلالات الحديثة لهذه الشوكيات جلدية (مثل زنباق البحر Sea lilies) تعيش كمجموعات وتمر كلها في طور له هذا القضيبي (Stalk).

ولقد نجحت الشوكيات جلدية في الحياة في أماكنها المحدودة في المحيطات ومن

أفرادها السابقين ذوى القضيب نشأت الصفوف للشعبة وهي قنافذ البحر والنجوم اللامعة والسماك النجمي وخيار البحر (الشكل ٣٥-٢٢). وكثرة هذه الحيوانات وهيكلها الداخلي وحياتها البحرية سهل الحصول على حفريات كاملة توضح تطورها.

ويدعو موقف ديدان الأكورن إلى الدهشة، فوجود عضو يشبه الحبل الظهري بها وكذلك وجود فتحات الخياشيم والجهاز الذي يعتقد أنه الجهاز العصبي المركزي الظهري جعل بعض علماء الأحياء يصفوها من ضمن الحيليات. كما أن قرابة ديدان الأكورن بالحيوانات الجلد شوكية لا يدعو إلى الجدل أيضا إذ أن يرقات ديدان الأكورن لا تفرق عمليا عن ديدان خيار البحر. وتوجد فوسفات الكرياتين وفوسفات الأرجين في ديدان الأكورن كما هي موجودة في قنافذ البحر. وأخيرا فإن الأبحاث السيرولوجية المقارنة أنهت هذا الجدل إذ نمت أجسام مضادة لاستجابة لبروتين ديدان الأكورن كما هو الحال بالضبط في الاستجابة لبروتين خيار البحر.

وبالرغم من التشابه الخارجي بين الأمفيوكساس والأسماك (شكل ٣٥-٢٣) إلا أنه لا بد من النظر إلى منشأ الفقاريات من حيوانات تحت شعبة تونيكاتا (Subphylum Tunicata) كما أن فحص حيوان تونيكاتي بالغ مثل حيوان خوخ البحر (*Halocynthia*) لا يدل على أنه أحد أسلاف الحيوانات الفقارية، إذ أن هذا الحيوان الذي يعيش في مجموعات ويتغذى بترشيح مكونات غذائه وإحتواء جدار جسمه على السيليولوز لا يوجد له حبل ظهري كما أن جهازه العصبي أثيرى. ولكن الغريب في الأمر أن يرقات الهالوسينثيا هذا تعوم حرة وجانبية التماثل ولها فتحات خيشومية وجهاز عصبي مركزي أنبوي ظهري الوضع وذيل يجري بداخله حبل ظهري. واليرقة المذكورة نموذج واضح لحيوان من الحيوانات الحبل ظهرية البدائية.

إلا أنه توجد صعوبة واحدة باقية، فالحفريات تدلنا على أن الفقاريات نشأت في المياه العذبة بينما جميع الحيوانات التونيكاتية تعيش في المياه المالحة ولكن قرب الشواطئ ولذلك فلربما قد هاجرت يرقاتها ودخلت في الفتحات النهرية. وربما أدت التيارات النهرية الثابتة في جريانها في اتجاه واحد فقط إلى جعل الحيوانات التي هاجرت إليها جانبية التماثل للملاءمة المعيشة النهرية الجديدة. ولذلك قد تكون تلك اليرقات التونيكاتية السابقة قد فقدت تطورها المعهود في التحول إلى حيوانات بالغة ونشأ عنها

بداية التطور إلى الحيوانات الفقارية . وفقدان التطور هذا لم يعرف في أمثلة أخرى غير ذلك، إلا أنه يجب ألا ننسى الحيوان أكسولوتل *Axolotl* (الشكل ٢٧-٦) الذي يبلغ طور النضج الجنسي وهو في حالة يرقة تنفس بالخياشيم، هنا أيضا نرى أن نقص اليود في البيئة جعل تلك الحيوانات تنضج جنسيا في طور اليرقة أي في بقاء مسحة من الشبوية .

ملخص الباب :

CHAPTER SUMMARY

الحيوانات كائنات تتميز بما يلي : (١) ليس بها كلوروفيل، (٢) يمكنها الحركة أو على الأقل تحريك أجسامها عند إنقباض ألياف بأجسامها، (٣) عديدة الخلايا . وتقسم المملكة الحيوانية إلى ٣٠-٢٥ شعبة مختلفة، ثلاثة منها تسود باقي الشعب، الشعب الثلاثة هي الرخويات ومفصليات الأرجل والحبليات .

وأصل تطور هذه الحيوانات غير معروف وربما تكون تلك الحيوانات من أسلاف وحيدة الخلية أو ربما من تغير الأنواع التي تعيش في مستعمرات أوربها بالتكاثر في خلايا الأنواع الكبيرة المتعددة الأنوية . ولا زالت العلاقة التطورية بين الشعب الحيوانية المختلفة غير واضحة، فالأسفنجيات تبدو وكأنها عديمة الصلة بأية شعبة حيوانية أخرى، تقع الشعب الحيوانية الباقية في مجموعتين رئيسيتين :

الديتيروستوميا (شوكيات الجلد والحبليات) والبروتوستوميا (باقي الشعب) . وتختلف الديتيروستوميا والبروتوستوميا في عدة طرق أساسية منها : (١) نظام الانشقاق في الجنين، (٢) النمو المحتمل بخلايا ناتجة عن الانشقاق، (٣) مكان وجود الأنبعاج (Gastrulation) في الجنين، (٤) الطريقة التي ينمو بها فواخ الجسم (Coelom) - (٥) نوع المركب الذي يخزن فوسفات الطاقة العالية في العضلات . وتحتوي شعبة الحبليات على تحت شعبتين من اللافقاريات وتحت شعبة واحدة من الفقاريات .

تمارين ومسائل :

EXERCISES AND PROBLEMS

١ - لو أحضر لك شخص ما حيوانا شعاعي التناثر، فما هي الاستنتاجات التي تصل إليها عن :

(١) مكان تواجده، (ب) قدرته على الحركة، (ج) طرق تغذيته .

- ٢ - بالنسبة إلى ما يلي، إذكر إذا ما كانت تبعيتها إلى البروتوستوميا أو الديدنوستوميا: (أ) يرقة التروكوفور،
 (ب) التونيكيت، (ج) توائم متشابهة،
 (د) مسكويد (هـ) خيار البحر.

٣ - ما هو أكبر الفقاريات وكذلك أكبر اللاقاريات التي تعيش في المحيط. هل يمكنك التفكير في سبب ذلك؟

٤ - يتكون الهميمولوجيين من بروتين ملتصق عليه الهيم (Heme). توجد الهميمولوجينات في الفقاريات وبعض الرخويات، النيماتينات Nemertines والديدان الحلقية، الحشرات، القشريات والنباتودا وشوكيات الجلد وحتى النباتات البقولية. هل وجود الهميمولوجينات في تلك المجموعات المختلفة من حيوانات ونباتات يدل على وجود صلة قرى بينها. إن لم توجد أي صلة كيف تفسر تكرار تطور ظهور الهميمولوجينات في تلك الحالات المستقلة السابق ذكرها؟

REFERENCES

المراجع:

- 1 - GLAESSNER, M. F., "Pre-Cambrian Animals," Scientific American, Offprint No. 837, March, 1961.
- 2 - RUSSEL-HUNTER, W. D., A Biology of Lower Invertebrates, Macmillan, New York, 1968. Includes the sponges, cnidarians, roundworms, nemertines, annelides, and mollusks.
- 3 - BUCHSBAUM, R., Animals Without Backbones, 2nd ed. University of Chicago Press, Chicago, 1975.
- 4 - NICHOLAS, D., The Uniqueness of the Echnioderms, Oxford Biology Readers, No. 53, Oxford University Press, Oxford, 1975. A brief, well-illustrated survey of echnioderm features.
- 5 - BONE, Q., The Origin of Chordates, Oxford Biology Readers, No. 18 Oxford University Press, Oxford, 1972. Examines several theories of chordate evolution.

CHAPTER 36

الباب السادس والثلاثون

THE VERTEBRATES

الفقاريات

THE JAWLESS FISHES (CLASS AGNATHA)	١-٣٦ الأسماك عديمة الفكوك (طائفة أجنائا)
THE PLACODERMS	٢-٣٦ البلاكودرميسات
THE CARTILAGINOUS FISHES (CLASS CHONDRICHTHYES)	٣-٣٦ الأسماك الغضروفية (طائفة كوندريكتين).
THE BONY FISHEES (CLASS OTEICHTHYES)	٤-٣٦ الأسماك العظمية (طائفة أوتياكتيز)
THE AMPHIBIANS (CLASS AMPHIBIA)	٥-٣٦ البرمائيات (طائفة أمفيبيا)
THE REPRILES (CLASS REPTILIA)	٦-٣٦ الزواحف (طائفة ريبتيلا)
PELYCOSAURS	البيليكوساورات
TURTLES (ORDER CHELONIA)	السلحفاة (رتبة كيلونيا)
PLESIOSAURS AND ICHTHYOSAURS	البليوسورز، إكتيوسورز
DIASPIDS	الدياسبيدات
THE BIRDS (CLASS AVES)	٧-٣٦ الطيور (طائفة ايفز)
CONTINENTAL DRIFT	٨-٣٦ الانحراف القاري
THE MAMMALS (CLASS MAMMALIA)	٩-٣٦ الثدييات (طائفة ماماليا)

THE EVOLUTION OF *HOMO SAPIENS* (هوميوسابينز) ١٠-٣٦ . تطور الانسان

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

REFERENCES

المراجع

الباب السادس والثلاثون

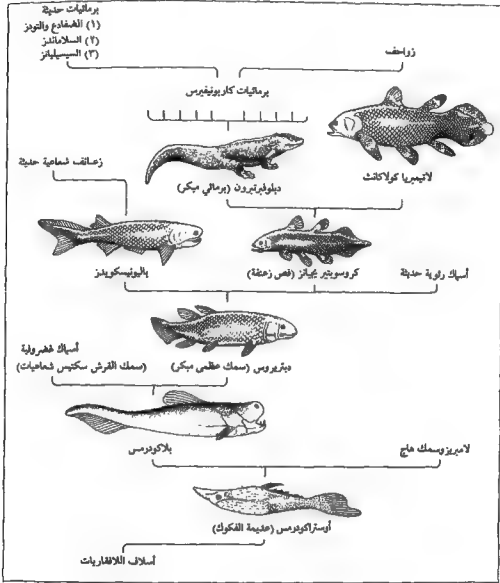
الفقاريات

١٠٣٦ . الاسماك عديمة الفكوك (طائفة أجنثا)

THE JAWLESS FISHES (CLASS AGNATHA)

تعتبر حفريات الاسماك عديمة الفكوك المسماة Ostracoderms أول ما ظهر من الفقاريات . وظهرت بعض تلك الحفريات في صخور الأوردوفيسيان Ordovician ولكنها ظهرت بكثرة في صخور السيلوريان (Silurian) وكانت تلك الاسماك عديمة الفكوك صغيرة الحجم نسبياً (٦-١٦ بوصة) ومفلطحة (الشكل ١٠٣٦) وربما كانت تعيش على امتصاص الفضلات العضوية من قاع المجاري المائية التي كانت تعيش فيها . أما عن تبادل الغازات فكان يحدث بواسطة أزواج من الخياشيم الداخلية التي كان كل خيشوم منها مدعماً بقوس عظمي . ويدخل الماء من الفم ثم يمر على الخياشيم ويدخل عبر جيوب خيشومية تفتح للخارج على سطح جسم الحيوان . ولم يمتلك هذا النوع من الاسماك أية زعانف بل كان يعوم بتحريك جسمه حركات التوائية .

وكان الجسم محاطاً بصفيائح عظمية والتي كانت تحميه من الإقتراس بواسطة أنواع البوريبتيريدات (Eurypterids) التي كانت تعيش في نفس البيئة ، كما كانت هذه الصفيائح تقلل من دخول الماء في بيئة أقل قوة (Hypotonic Environment) . وعموماً كان لابد من تعريض الخياشيم للماء حتى لا يتوقف تدفق الماء داخل جسم السمكة ، كما كانت تلك الأسماك تحدث إنقباضاً في عضلة القلب وبذلك أمكن استخدام الضغط الناشيء عن ذلك كطلمبة لدفع الماء ثانية إلى خارج الجسم . وربما



الشكل (١٠٣٦): تطور الأسماك والبرمائيات.

ورثت الأسماك عديمة الفكوك (The Ostracoderms) صفة وجود أنابيب إخراجية كالنفريديا بها من أسلافها (الديدان الحلقية)، نظراً لوجود نفروستوم (Nephrostome) في نهاية أنبوبة النفريديا عند فتحة خروج الأنبوبة، مكن للنفريديا خاصية تبادل السائل النفريدي من الدم وذهابه إلى الأنابيب النفريدي ثم إلى خارج جسم السمكة. وبطبيعة الحال لا بد من افتراض وجود فقد للمواد الهامة (مثل الأملاح) في تلك العملية مما يجعلنا أيضاً أن نفترض إمكانية امتصاص تلك المواد ثانية بواسطة الأنابيب النفريدي. ووجود

شبكة من الشعيرات لصرف الكبة (glomeruli) أمدت تلك الأسماك بالدم الكافي اللازم لعملية إمتصاص هذه الأملاح ثانية بواسطة الانابيب، هكذا كان منشأ أول كلية.

ولم توجد أجهزة أولية للإخراج، بل وجدت لحفظ التوازن المائي في البيئة المائية، ربما تم التخلص من الإفرازات التبروجينية (في الغالب أمونيا) عن طريق الخياشيم وهو مايطابق الموجودة في أسماك المياه العذبة الحديثة. وكان هذا النوع المذكور من الكلية الأساس لأنواع الإخراج والتوازن المائي التي ظهرت في صفوف الفقاريات الأخرى التي ظهرت فيما بعد.

وأنواع الأسماك عديمة الفكوك الموجودة حاليا هي اللامبريتات (Lampereys) وأسماك حاج Hagfishes فقط (الشكل ٣٦-٢) وهي أقل أنواع الفقاريات تطورا. وبجانب غياب الفكوك، فلا يوجد بها الزعانف المزودة، يبقى الحبل الظهري طوال حياة الفرد، ولا يستبدل هذا الحبل الظهري كلية بهيكل مصنوع من الغضاريف، كما لا توجد على الجسم قشور بالمرّة.

وبالرغم من بقاء الأسماك عديمة الفكوك منعزلة في دنيا الفقاريات، إلا أن النوع لامبري البحري يسبب مضايقات شديدة للإنسان. فهو يتغذى بتثبيت نفسه على أجسام الأسماك العظمية بواسطة أجزاء فمة الماصة ويمتص سوائل أنسجة تلك الأسماك العظمية. وبعد انشاء قناة ويلاند (Welland) حول شلالات نياجارا أمكن لأسماك لامبري البحرية الهجرة إلى البحيرات العظمى من بيئتها البحرية السابقة. وفي وقت قصير أمكن لتلك الأسماك محو أسماك التراوت (Trout) في تلك البحيرات وبذلك إندرث صناعة صيد أسماك التراوت التي كانت موجودة من قبل. والاكتشاف الحديث لأحد المواد الكيميائية المتخصصة والتي تقتل صغار اللامبري فقط دون غيرها من الأنواع الأخرى ييشر بالحد من ضرر هذا اللامبري والحفاظ على أعداد الأسماك الأخرى في البحيرات العظمى.

THE PLACODERMS

٣٦-٢ : البلاكودرميسات

ظهرت مجموعة ثانية من الأسماك المصفحة في العصر الديفوني المبكر، هي الأسماك



الشكل (٣٦-٢): لاميري برك. لاحظ وجود شقوق خياشيم وغياب الزعانف الزوجية (هانز راينهارد/ مؤسسة يروس كولمان).

المسماة بلاكودرمات (Placoderms) (الشكل ٣٦-١) والتي اختلفت عن سالفاتها أسماك الأجناتا (الاسماك عديمة الفكوك) في صفتين أساسيتين هما وجود الفكوك ووجود أزواج الزعانف. ومكنت الفكوك تلك الأسماك من إقتراس الحيوانات الصغيرة وساعدتها الزعانف في الحركة وتمكينها من الاستقرار في الماء، ثم تحولت تلك الأسماك إلى كائنات ذات جسم مستدير بدلا من الأجسام المفلطحة التي تعيش على القاع كما هو الحال في أسماك الأجناتا السابقة.

واندثرت أغلب أنواع تلك الأسماك فيما بعد العصر الديفوني ولكن نشأ من البعض أنواع كانت سببا في ظهور صفتين رئيسيتين من صفوف الأسماك الحديثة وهي الأسماك الغضروفية (The Chondrichthyes) والأسماك العظمية (The Osteichthyes).

وامتاز العصر الديفوني بفترات جفت فيها بركا كثيرة وجارى مياة أو أصبحت تلك الأماكن أصغر بكثير وأكثر دفئا، لابد من أن تكون تلك التغيرات البيئية قد فرضت ضغطا إنتخابيا كبيرا على أسماك المياة العذبة للعصر الديفوني. وحلا لهذا الضغط الانتخابي كان أمام تلك الأسماك طريقان، أحدهما الرجوع إلى حياة المحيطات والآخر نمو رئات لاستنشاق الهواء الجوى لتمكينها من البقاء لفترات مؤقتة عند انتهاء المصدر المائى .

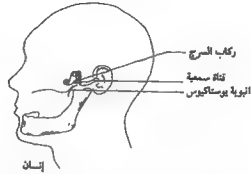
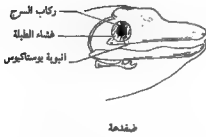
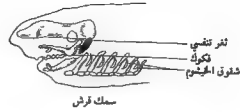
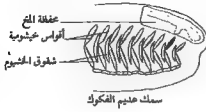
٣٦-٣. الأسماك الغضروفية (طائفة كوندريكتين)

THE CARTILAGINOUS FISHES (CLASS CHONDRICHTHYES)

التقهقر إلى حياة المحيطات كانت هي الطريقة التي إتخذتها أوائل الأسماك الغضروفية في الهروب. واخذت هذه الأسماك (أسماك القرش الأولى كانت تختلف قليلا عن أسماك القرش الحديثة) اسمها من حقيقة ان هيكلها غضروفيا وليس عظريا. وكما في البراكودرمات، فان اسماك القرش (Sharks) لها فكوك نشأت عظامها من الزوجين الأولين للاقواس الخشيمية (الشكل ٣٦-٣)، لذلك فان أحد أزواج الفتحات الخشيمية قد تلاشى لعدم الحاجة اليه. وجدير بالذكر ان هذا الزوج من الفتحات الخشيمية مايزال موجودا حتى الآن في بعض الأسماك الحديثة، يطلق عليه اسم الثغر التنفسي (Spiracle) وجانب أسماك القرش يتبع هذه الطائفة الأسماك المعروفة بالاسكيتات (Skates) والشعاعيات (Rays).

وعند رجوع الأسماك الغضروفية الأولى إلى البحر تعرضت من مياه قليلة الملوحة (المياه العذبة) إلى مياه أكثر ملوحة (والموجودة في البحار) لذلك كان عليها بدلا من التخلص من المياه الزائدة من أجسامها أن تنمى طريقة يمكنها بها الاحتفاظ بالمياه داخل أجسامها لمواجهة آثار جفاف الجسم بسبب مياه البحار المالحة. ولقد أمكنها ذلك بتحويل مخلفاتها النيتروجينية إلى يوريا وحفظها بالدم إلى أن يتساوى الضغط الأسموزي للدم مع مثيله في مياه البحار. واليوم يحتاج ذلك إلى تركيز ٢,٥ ٪ وهو يزيد بكثير عن التركيز الموجود في الفقاريات الأخرى (٠,٢ ٪). وبما ان القدرة على الوصول إلى هذا التوازن الأسموزي في تلك الأسماك يبدأ في طور متأخر من النشؤ الجنيني، لذلك لا يمكن وضع بيض مثل تلك الأسماك بدون حماية في الماء.

والحل الأول لذلك (أي حماية البيض) هو وضع البيض محاطا ببيئة سائلة مناسبة في حافظة غير منفذة يتم فيه النشؤ الجنيني، والحل الثاني هو ابقاء البيض حيث ينشأ الجنين بدخلة - داخل جسم الأم إلى ان يستطيع الموامة مع بيئة مياه البحار. ويتطلب هذان الحلان حدوث إخصاب البيض داخليا، وهذا، حدث في الأسماك الغضروفية إذ كانت أول الفقاريات التي نشأت فيها ظاهرة الإخصاب الداخلي، كما تحورت الزعانف الحوضية في ذكور تلك الأسماك لوضع الحيوانات المنوية داخل القنوات التناسلية للأُنثى.



الشكل (٣٦-٣): التكوين التطوري لأول شق عيشومي وثاني (هيويد) قوس عيشومي للأسماك عديمة الفكوك. العظام المتجانسة للجزء العلوي للهيويد ترى ملونة.

٣٦-٤. الأسماك العظمية (طائفة أوستايتكثين):

THE BONY FISHES (CLASS OSTEICHTHYES)

حلت الأسماك العظمية المشكلة الثانية وهي مقاومة حدوث بعض فترات الجفاف، إذ تكون في تلك الأسماك زوج من النموات الخارجية من البلعوم على هيئة جيوب لاستخدامها كزئذف أولية وتتفخ تلك الجيوب بالهواء الخارجي الداخل عن طريق الفم. وتغطي أجسام تلك الأسماك بحراشيف وهو الأثر الوحيد الدال على أسلحة أسلافها بكونها عظام الجمجمة.

ويسرعة (و لازلنا في العصر الديفوني) تحولت الأسماك العظمية إلى ثلاثة مجاميع واضحة هي: الباليونيسكويدات (Paleoniscoides) والأسماك الرئوية (Lung fishes) والكرووسوبترجيانات (Crossopterygians).

وتميزت الباليونيسكويدات بوجود الزعانف الشعاعية (زعانف خالية من العضلات والعظام) وتبوية الرئتين عن طريق الفم. وهاجر الكثير من تلك الأسماك إلى البحر أثناء العصر البليوزويك المتأخر وعصر الميزويك. وفي بيئة مائية مستقرة لم تكن الحاجة

تستدعي وجود رثات بل إستعاضت عنها تلك الأسماك بمثانة عائمة يمكن للسماك عن طريقها تغيير طفوه في الماء . وجميع أسماكنا التجارية القيمة الحديثة (مثل السلمون والتونة والمكريل والتراوت والباس) من نسل هذه المجموعة .

ونشأت الأسماك الرئوية وهي تمتلك ظاهرة أو بدعة واضحة لم تمتلكها أسلافها من قبل ، إذ أن فتحاتها الانفية الخارجية والتي كانت تفتح في الاوستاينكيات (Os-teichthyes) الأولى إلى الخارج فقط وكانت تستخدم في الشم كما هو الحال في سلالة الباليونيسكويد (Paleoniscoid) تكون لها فتحات داخلية جهة فراغ الفم مما يمكن تلك الأسماك من تنفس الهواء اثناء قفل فتحة الفم . وتوجد الأسماك الرئوية الآن في أماكن محدودة من أمريكا الشمالية وأستراليا وأمريكا الجنوبية حيث تمكنها الرثات من البقاء في الأماكن التي قد يصيبها الجفاف (الشكل ٣٦-٤) ويوضح لنا التوزيع المنفرد لتلك الأسماك أنها من سلالات كانت في يوم من الأيام مجموعة واسعة الانتشار .

وبالحكم من الأسماك الرئوية الموجودة في يومنا هذا يمكن مشاهدة ظاهرتين من ظواهر الملاءمة الواضحة التي تطورت من تلك المجموعة من الأسماك . الظاهرة الاولى

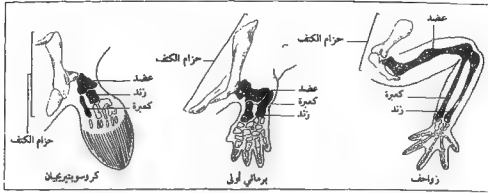


الشكل (٣٦-٤) : سمك أمريكا الجنوبية الرئوي يوفر تقريبا كل الأوكسجين اللازم له بأخذ الهواء الى داخل الرثات . (هاتز راينهارد/ مؤسسة بروس كولمان).

نشوء زوج من الاورطة وحاجز جزئي في أذين القلب مما يسمح على الأقل بالفصل الجزئي للدم المؤكسد الراجع من الرئة (او الرئات) والدم الذي فقد منه الاوكسجين (الدم الفاسد) الراجع من باقي اجزاء الجسم، مما يعطي كفاءة واضحة في تحسين أداء الجهاز الدوري (انظر قسم ٢٣-٦). والظاهرة الثانية كانت نشوء النظام الانزيمي اللازم لتحويل الامونيا إلى يوريا أقل سمية، يظهر هذا النظام الانزيمي بوضوح في الانواع الموجودة في أفريقيا وامريكا الجنوبية. فبينما نجد أن تلك الاسماك تفرز فضلاتها النيتروجينية في الماء على شكل أمونيا، كما هو الحال في جميع الاسماك ذات الزعانف الشعاعية، فانه في وقت الجفاف تدفن تلك الأسماك نفسها في الطين وتتحول إلى إنتاج اليوريا.

ولأسماك الكروسوتيريغيانانت (Crossopterygians) فتحات أنفية داخلية تمتلئ عن طريقها الرئات. وعلاوة على ذلك فإن زعانفها الحوضية والصدريه كانت لحمية ومدعمة بالعظام. وبالنظر إلى الشكل (٣٦-٤) يمكن ملاحظة أن نظام ترتيب العظام في تلك الزعانف (عظمة كتف متمفصلة مع عظمة واحدة وهذه بدورها متمفصلة مع عظمتين أخرتين وهكذا) وهو النظام الذي تراه حاليا في جميع الفقاريات ذوات الأربعة أرجل، إذ أن كل عظام أرجلنا وأذرعنا مشابهة لتلك الموجودة في الزعانف الحوضية والصدريه لأسماك الكروسوتيريغيانانت.

وتدلنا بقايا الحفريات على أن الاسماك الرئوية القديمة، مثل بعض السلالات (De-scendants) الحديثة، كانت تحفر في الطين وتبقى ساكنة اثناء فترات الجفاف. وأمكن لأسماك الكروسوتيريغيانانت معالجة تلك المشكلة بطريقة أفضل إذ أن زعانفها المقصصة مكنتها من المشي من مستنقع يبدأ في الانحسار إلى مستنقع آخر للبحث عن ظروف أفضل. فوجود الرئات والزعانف المقصصة مكنها من إرتياد أماكن جديدة غير آهلة وهي الأرض. وأحد سلالات أسماك الكروسوتيريغيانانت التي كانت سبابة لذلك هي البرمائيات، في حين أن سلالات أخرى فعلت العكس، مثل معظم أسماك العصر الديفوني، إذ التحمت إلى البحر. ومن تلك الأخيرة أسماك الكولاكانثات (Coelacanth) التي نجحت في الحياة في البحار لفترة معينة ولكنها اندثرت قرب نهاية العصر الميزووكي أي منذ ٧٠ مليون سنة. والذي يدعو للدهشة أنه في عام ١٩٣٨م تم إخراج سمكة حية من أسماك الكولاكانث (لاتيميريا *Latimeria*) من أعماق



الشكل (٥٣٦): النشوء التطوري للطرف الأمامي الرباعي من الزعنفة الصدرية للكروسويتريجيان.

المحيط أمام سواحل أفريقيا الشرقية، منذ ذلك الوقت أمكن إصطياد أكثر من دسيتين (٢٤ سمكة) من أسماك الكولاكانث، وما زالت تلك الأسماك الحية لها أزواج من الرئات مثل أسلافها القدامي ولكن أصبحت تلك الرئات متوقفة عن العمل.

وأطلق على العصر الديفوني إسم عصر الأسماك وهو إسم يمثل الواقع نظرا للشعب الكبير لموامة البيئات المختلفة التي وجدت في تلك الحقبة من الزمن، فلقد زاد تعداد أسماك المياه العذبة والمياه المالحة تبعا لذلك. وعموما فإنه عند قرب نهاية العصر الديفوني ظهرت أول مجموعة جديدة من الفقاريات ألا وهي البرمائيات وهي أول حيوانات فقارية من ذوات الأربعة أرجل (Tetrapods).

٥٣٦: البرمائيات (طائفة امفيبيا)

THE AMPHIBIANS (CLASS AMPHIBIA)

كانت البرمائيات أول رواد الحيوانات الفقارية على الأرض، فلقد مكنتها رئاتها وأطرافها العظمية، التي ورثتها عن أسلافها من أسماك الكروكودونيتريجيانات، من الحركة وتنفس الهواء الجوى. ومكنتها كذلك وجود أذين ثان في القلب من أكسدة الدم العائد لهذا القلب قبل دفعه ثانية إلى باقي أجزاء الجسم بعملية ضغط عالية. وبالرغم من حدوث بعض الخلط بين الدم المؤكسد والغير مؤكسد في البطين الواحد الموجود في قلب هذه البرمائيات، إلا أن وجود ثلاث غرف في القلب أعطى قدرة أكبر في كفاءة الدورة الدموية وهذا مكن البرمائيات من العيش تحت ظروف التغيرات الكثيرة.

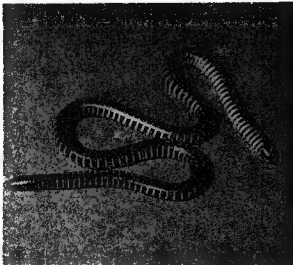
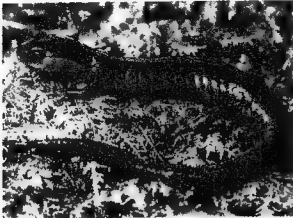
الحدوث في البيئة الأرضية .

وعلى الأرض يعتبر إكتشاف الصوت شيء هام ، ولقد نمي للبرمائيات أذن مبسطة من تراكيب وورثتها عن أسلافها السابقين . فالثغر التنفسي (الشكل ٣٦-٣) تمت تغطيته بغشاء إستخدم كطبلة للأذن وعظام فكية لم تعد تستخدم في وظيفتها السابقة (ونشأت تلك العظام أصلا من القوس الخيشومي لأسماك الأجنائا) وأصبحت تستخدم في نقل الاهتزازات من غشاء الطبلة إلى الأذن الداخلية وآخر عظمة موجودة موجودة جهة الداخل من أذننا الوسطى (Ossicle) هي نظير لتلك العظمة .

وكما يدل عليه الاسم ، فإن البرمائيات كانت نصف أرضية وعليها أن ترجع للماء لوضع البيض ولا تستطيع سلاتنها الحديثة على الأقل إحتمال التعرض لمدة طويلة للهواء الجاف . والتحول الدوري من الماء إلى الأرض وبالعكس أضاف مشاكل أخرى للحفاظ على التوازن المائي وإفراز فضلات نيتروجينية ، ففي الماء لا بد من ضخ الماء للخارج من ديب الكلية (glomeruli) كما في حالة سمك المياه العذبة . وعلى الأرض لا بد من الحفاظ على الماء ويمكن للبرمائيات الوصول إلى ذلك بالإقلال من إمداد الدبيب الكلوية بالدم وبالتالي الإقلال من عمليات الرشح ، ويقلل هذا بالتالي سريان الدم من الحوصلات إلى أنابيب الكلية ، وعموما لا بد من الحفاظ على إستمرارية وظائف أنابيب الكلية ويساعد زيادة نشاط الجهاز البائي الكلوي على (الشكل ٢٥ - ١١) .

والبرمائيات الأولى كانت كبيرة الحجم بالنسبة إلى المقاييس الحديثة ، إذ أن طول الدبلوفيرتبرون (Diplovertebron) (الشكل ٣٦-١) ، بلغ حوالي ٢ قدم ، ولكن بعض الأشكال التي ظهرت فيما بعد كانت حقيقة مذهلة في حجمها ، إذ وصل طول بعض العينات الحفرية إلى ٨ أقدام . ولقد إنتعشت تلك البرمائيات في العصر الكربوني ، إذ غطى الأرض مستنقعات شاسعة ، كما كانت النباتات موجودة بكثرة ، ووجدت حشرات كثيرة تغذت عليها البرمائيات ، ولقد أطلق على تلك الحقبة بعصر البرمائيات .

وتلى العصر الكربوني عصر البرميان (Permian) والتي كانت فيه الأرض أكثر برودة وأكثر جفافا ، ومنذ ذلك الوقت حتى الآن وحظ البرمائيات في المهبوط ، بقيت فقط ثلاث رتب في يومنا هذا ، والرتب الثلاث هي : (١) الضفادع frogs ، Toads (ورتبة



الشكل (٣٦-٦): أمثلة
للبرمائيات. أعلى:
السلامندر ذو الخلد
الأحمر (*Plethodon jor-*
dani) تم تصويره في
ولاية كارولينا الشمالية
(ي. د. برودي،
الصفير، جامعة
أدولفي، BPS) وسط:
الضفدعة الفهدية (*Rana*
pipiens) حيوان معمل
مشهور (ر. هيرت،
جامعة ستانفورد، BPS)
أسفل: السيسيليانز
(وهو *Afrocaecilia*
tainana الموجود في
المناطق الاستوائية (ي.
د. برودي الصغيرة،
BPS).

أنبورا (Anura) - (٢) السلماندر، نيوتز (Newts) (رتبة أوروديللا Urodela) - (٣) الكاكسيلينات Caccilians (رتبة أبودا Apoda) وهي عديمة الأطراف ودودية الشكل (الشكل ٣٦-٦). وحرمان البرمائيات من جلد غير منفذ للماء أيضا جعل البرمائيات غير قادرة تماما على تحمل الحياة الأرضية.

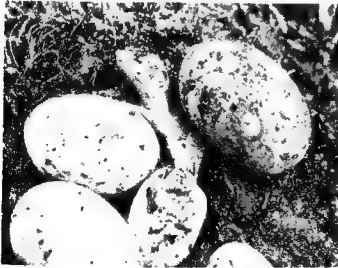
THE REPTILES (CLASS REPTILIA)

٦-٣٦ : الزواحف

تعتبر الزواحف أول حيوانات أرضية حقيقية وقد نشأت من البرمائيات في العصر الكربوني، وبحلول العصر البيرمياني كانت الزواحف قادرة على موامة البيئات الجديدة أكثر من البرمائيات. والميزة الرئيسية التي فاقت بها الزواحف الأولى (الكوتيلوساورات - Cotylosaurs) على البرمائيات هو بيضها ذو القشرة الصلبة والمملوءة بالملح (الشكل ٣٦-٧) والذي أمكن وضعه على اليابسة بدون خوف من جفافه. وصادف ظهور القشرة الصلبة الغير منفذة للماء وكذلك للحيوانات المنوية نشؤ الاخصاب الداخلي.

وللجنين الناشئ داخل البيضة أربعة أغشية جنينية، مما حمى الجنين بالسائل الموجود داخل الامنيون ووفر كذلك إمداد الغذاء للجنين عن طريق محفظة الملح، كما أمكن للجنين التنفس خلال قشرة البيضة (الكوربون) والكيس البولي (Allantos) وتخزن الفضلات الناتجة عن التمثيل الغذائي في محفظة هذ الكيس البولي.

ولربما أمضت تلك الزواحف الاولى، والتي كانت أرجلها قصيرة وممتدة على جانبي



الشكل (٣٦-٧) : شامبلون أمريكي يفقس من البيضة (بتصريح من شركة كارولينا للمواد الحيوية (البيولوجية).

الجسم، معظم حياتها في الماء ولكنها كانت تضع بيضها على اليابسة بعيدا عن المفترسات. وبزيادة جفاف العصر البرمياني نشأت تحورات أخرى لمواءمة الحياة على الأرض الجافة. فشوى الجلد الجاف جعلها تترك المياه بسلام. ونظرا لجفاف هذا الجلد الذي لم تستطع الزواحف إستخدامة في تبادل الغازات، فإن الرئات المتطورة مع إمكانية تمدد القفص الصدري مكنت تلك الزواحف من التغلب على هذه المشكلة. ولقد قلل وجود حاجز جزئي في البطن من اختلاط الدم المؤكسد وبذلك زادت كفاءة الجهاز الدوري وأدت تلك التحسينات في تطور تلك الأجهزة إلى نجاحها في أداء واجباتها سريعا.

وتشعبت زواحف الكوتيلوساوارت (Cotylosaurs) أو الزواحف الجذع (الاصل)
(Stem Reptiles) لمواءمة البيئة فنشأ منها خمسة خطوط رئيسية من الانساب (الشكل ٣٦-٨) وهي :

PELYCOSAURS

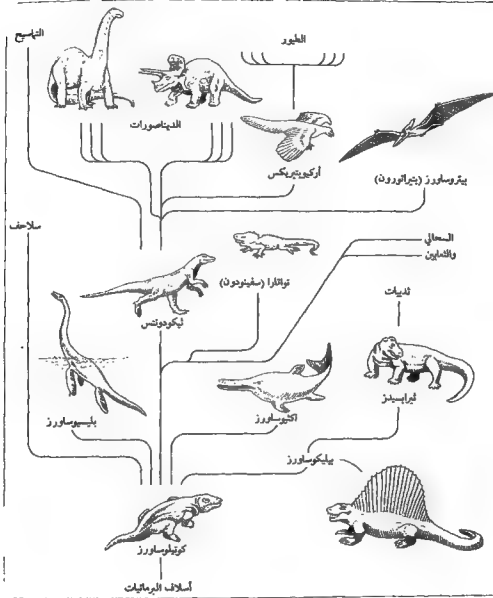
البليكوساورات

ولو ان البليكوساورات قد قضت معظم حياتها في الماء، فإن أرجلها كانت تحت أجسامها وليس على جانبي الجسم، مكن وضع الأرجل بهذه الحالة تلك الحيوانات من الجرى بسرعة على الأرض ومن البليكوساورات نشأت مجموعة من الزواحف الصغيرة والنشطة والتي تعيش على الأرض وهي الثيرابسيديات (Therapsids) وعند ابتداء العصر الميزويكي كانت الثيرابسيديات أكثر الزواحف انتشارا، لكن بسرعة تغلبت عليها في الكثرة مجاميع أخرى من الزواحف وعموما كان هذا الإقول مؤقتا (حوالي ١٠٠ مليون سنة) حيث ان سلالات الثيرابسيديات، الثدييات، مالبث ان ورثت الأرض.

TURTLES (ORDER CHELONIA)

السلحفاة: رتبة كيلونيا

ولو ان تطور الزواحف أدى إلى إنتاج حيوانات قادرة على العيش على الأرض إلا أن الكثير منها أيضا لم تستطع ذلك. ومنذ نشأتها الأولى في العصر الميزويكي وحتى وقتنا هذا، فإن أغلب السلحفاة عاشت إما في المياه العذبة أو في المحيطات، بالرغم من ذلك فإن تلك السلحفاة المائية لم تتخل عن عاداتها الأولى وهي العودة إلى الأرض،



الشكل (٨-٣٦): تطور الزواحف.

فهي تتنفس الهواء (ولو ان الضلوع الصدرية كونت الصندوق العظمى الذي يغطي الحيوان وبالتالي لايمكنها المساعدة في تهوية الرئتين) وتضع بيضها ذو القشرة على الأرض. والمدهش أن نشاهد الضفادع تعود إلى المياه العذبة كل ربيع لوضع بيضها في الماء في الوقت الذي نشاهد فيه أيضا سلاحف المياه العذبة ترحف إلى الأرض لعمل حفرة في الرمل أو التربة تضع فيها بيضها. وتستحق السلاحف الاعجاب إذ أنها

لا زالت باقية معنا على الأرض منذ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة، هي مدة شاهدت فيها السلاحف إندثار الكثير من معاصريها.

PLESIOSAURS & ICHTHYOSAURS

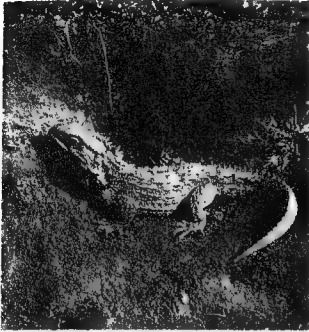
البليسيوساورات والاكتيوساورات

كانت أفراد هذين الخططين من السلالات زواحف بحرية ازدهرت في العصر الجيوراسي ولكنها اندثرت بنهاية العصر الميزوزويكي، كانت تعيش أساسا على أكل الأسماك ومهياة للحياة البحرية. وفي الحقيقة فإن زوائدها التي تشبه الزعانف (الشكل ٨.٣٦) كانت معدة للحركة على الأرض مع أن أفراد الاكتيوساورات احتفظت ببيضها داخل جسم الأم كما هو الحال في صغار أسماك القرش في يومنا هذا.

DIASPIDS

الدبابيسيدات :

سميت تلك الحيوانات، والتي تكون الخط الخامس لسلالة أصل الزواحف، بهذا الاسم لوجود قوس مزدوج في بعض مناطق الجمجمة. ونحن نعتقد بالحكم على سلالاتها الموجودة في يومنا هذا على أن تلك الزواحف كانت مزودة بصفات فسيولوجية هامة تمكنها من المعيشة على الأرض والتي لم توجد في المجاميع الأخرى من الزواحف. وكانت تلك الصفات هي القدرة على تحويل الفضلات النيتروجينية إلى حمض اليوريك الغير قابل للذوبان. وكما تعملنا في الباب الخامس والعشرين أن هذا التحور الفسيولوجي يسمح بطرد تلك الفضلات النيتروجينية السامة بأمان وبدون فقد للماء، يتم ترشيح بعض الكميات من حمض اليوريك عن طريق ديب الكلية (glomeruli) ولكن الغالبية العظمى من هذا الحامض يتم إخراجها عن طريق أنابيب الكلية. وفي الحقيقة فإن حويصلات الكلية صغرت كثيرا في الحجم حتى تكون كمية حمض اليوريك الخارجة من فتحة المجمع قليلة بقدر الامكان. وبقياء حمض اليوريك عبارة عن عجينة بيضاء تطرد للخارج مع البراز، هنا أيضا أي عند فتحة المجمع تمتص أغلب كميات الماء الموجودة في حمض اليوريك لارجاعها إلى الجسم. وقدرة هذه الزواحف واسلافها على التخلص من فضلاتها النيتروجينية بهذه الطريقة جعلتها تستطيع الحياة بدون الاعتماد على مياه الشرب، إذ أن الماء الموجود في غذائها والماء الناتج من تنفس الخلايا يعتبر كافيا لاحتياجاتها.

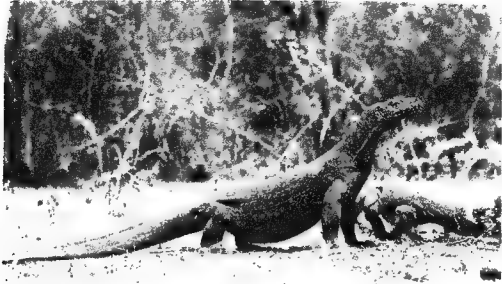


الشكل (٣٦-٩): التواتارا
(اسفينودون) هذه الحفرية
الحية موجودة على جزر
صغيرة قليلة قرب ساحل
نيوزيلندا، وهي الوحيدة
الباقية من رتيبتها. (م. ف
سوب/ ملاسة يروي
كولمان).

والتطور في هذا النوع من الزواحف أدى إلى التفرع إلى عدة فروع (الشكل ٣٦-٨) وأنتج أحد تلك الفروع السحالي والثعابين (Order Squamata) ومجموعة أخرى من الزواحف التي تشبه السحالي والتي لم يتبقى من سلالتها الآن سوى الحيوانات النادرة المسماة تواتارا (Tuatara) الموجودة في نيوزيلندا (الشكل ٣٦-٩).

وظهرت السحالي الحديثة (الشكل ٣٦-١٠) في أول الأمر في العصر الجوراسي ومازالت من الحيوانات الهامة التي تستعمر الصحاري والغابات في المناطق الدافئة من العالم. وأحد مجاميع السحالي الطباشيرية اللون أصبحت حيوانات حافرة. إذ فقدت أرجلها ومنها نشأت الثعابين (ويمكن للأن إكتشاف بقايا اثرية لأرجلها الخلفية في السحالي من أنواع بوا (Boa) وبيثون (Python) ولو أنها قادرة على البقاء في المناطق المعتدلة وذلك بدخولها بيئاتا شتويا أثناء أشهر الشتاء، فان الثعابين تفضل المعيشة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم.

وتكون الثيكودونتات (Thecodonts) الفرع الثاني من الزواحف المفترزة لحمض اليوريك وهي كلها زواحف أرضية. وكانت تلك الحيوانات تجري بسرعة على الأرض رافعة أجسامها على أرجلها الخلفية مع إستخدام ذيلها للتوازن، لذلك أصبحت الأرجل الخلفية أكبر وأقوى بكثير من الأرجل الأمامية. وتظهر حفريات الثيكودونتات



الشكل (٣٦-١٠): السحلية *Komodo monitor* ، تعيش في أندونيسيا، وهي أكبر سحلية.

المتطورة وجود غطاء عازل يغطي الجسم ووجود عظام مما يدل على أن تلك الحيوانات كانت قادرة على الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية ومنظمة. ووجود مثل تلك الصفات وقدرتها على تحمل الظروف الجافة مكن تلك الحيوانات من قدرتها على التطور بنجاح.

وربما نشأ من الشيكودونتات خمسة رتب من الزواحف يطلق عليها جميعا اسم الزواحف الحاكمة (Ruling Reptiles) لأنها سادت الأرض والهواء أثناء بقية العصر الميزوزويكي.

فالتماسيح (Crocodiles) وشبيهتها (Alligators) (رتبة التماسيح Order Crocodilia) تركت التحرك بأرجلها الخلفية فقط كما فعلت أسلافها ولكنها احتفظت مع هذا (وإلى وقتنا الحالي) بالأطراف الخلفية الأكبر من الامامية (الشكل ٣٦-١١). وتستطيع تلك الحيوانات التحرك بسرعة (وهو ما لا يمكن ملاحظة في حدائق الحيوان) مع رفع أجسامها بأكملها عن سطح الأرض، هي الزواحف الوحيدة من سلالة الشيكودونتات والتي لم تندثر.

وفي العصر الترياسي المتأخر ظهرت ربتان من الدينوساورات (Dinosaurs) كل منها اتخذت طريقا متشعبا غريبا. وفي بقية العصر الميزوزويكي كانت الأرض ممتلئة



الشكل (١١-٣٦) : تمساح أمريكي (Alligator) في غابات أحراش فلوريدا (د. هيويز/ بروس كولمان).

بالديناصورات من جميع الأحجام والأشكال والأوصاف. فالكثير من الديناصورات الأكبر حجماً كانت كبيرة في الحجم لدرجة أن حركتها إقتصرت على التمرغ في المستنقعات تاركة للماء عملية حمل أجسامها الثقيلة. ولقد ساعدتنا وفرة حفريات وأماكن تواجد هذه الحيوانات من تسجيل الكثير من المعلومات عنها. واكتشاف حفائر وعظام هذه الحيوانات التي أمكن عمل هياكل عظمية منها جعلها أكثر فروع علم الحفريات نشاطاً لسنوات عديدة واستحوذ على خيال الناس في كل مكان. ويمكننا فهم ذلك إذا نظرنا إلى الهيكل العظمي للديناصور (Tyrannosaurus) (الشكل ١٢-٣٦) وكان طوله ٤٧ قدماً وارتفاعه ١٤ قدماً (مع ملاحظة اطرافه الامامية المختزلة) وكذلك هيكل البراكيساور Brachiosaurus والذي كان يزن نحو ٩٠ طناً. ولو أن الديناصورات تمثل ربتين فقط ضمن ١٥ رتبة معروفة من الزواحف، إلا أن تلك الديناصورات جعلتنا نطلق على العصر الميزوزويكي بعصر الديناصورات.

وهناك مجموعتان من مجاميع العصر الميزوزويكي أصبحت زواحف طائرة، فالحيوان المسمى جيت (gait) الثنائي الأرجل وهو من زواحف الشيكودونتات حور إستخدام أطرافه الامامية كأجنحة. وفي بادئ الأمر ربما إستخدمت تلك الأطراف الامامية للالتزاق ولكن فيما بعد أصبحت قادرة على مساعدة الحيوان في الطيران. ومن تلك



الشكل (١٢-٣٦): هيكل

حفائري للحيوان *Tyrannosaurus rex* ، أحد أكبر الديناصورات ذو الطرفين. لاحظ الأطراف الأمامية الصغيرة لهذا الأكل للحوم (بتصريح من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي).

المجاميع البتيروساورات (Pterosaurs) والذي ملأ الجو خلال أغلب العصر الميزوزويكي . ولعهده قريب كان الحيوان بتيرانودون (Pteranodon) (الشكل ٨-٣٦) بأجنحته التي عند فردها تبلغ ٢، ٨ مترا أكبر الحيوانات في هذه الرتبة . ولكن في اوائل عام ١٩٨٠ م اكتشفت حفريات للحيوان بتيروساور يبلغ طول أجنحته عند فردها ١٥، ٥ مترا (نحو ٥١ قدما) وذلك في المتنزة الوطني والمسمى (Big Bend) الموجود في تكساس بالولايات المتحدة الامريكية . والمجموعة الثانية من الزواحف الطائرة كانت أسلاف طيورنا الحديثة .

THE BIRDS (CLASS AVES)

٧-٣٦. الطيور (صف إيفز)

اكتسبت المجموعة الثانية من الزواحف التي طارت في الجو تمحورات لم توجد في البتيروساورات وهو الريش (Feathers) وهذه النموات الخارجية أعطت للأجنحة سطحا عريضا وقويا وخفيفا في الوزن، كما أنها عازل جيد للحرارة مكنت الجسم الصغير الحجم من الاحتفاظ بحرارة مرتفعة نسبيا ولكنها ثابتة حتى في الاجواء الباردة . وكانت هذه هي الطيور الاولى .

وزودنا اكتشاف الاركيوبتركس (*Archeopteryx*) في الصخور الجوراسيكية

(الشكل ٣٦-١٣) بأحسن الامثلة على وجود حلقة ناقصة، إذ أن هذا الحيوان كان له ريش مما يدفعنا إلى تسميته بالطير، ولكن علاقته بالزواحف واضحة فالأجنحة الضامرة لها مغالب، كما توجد أسنان داخل الفم وله ذنب طويل، ولكنها صفات تخص الزواحف ولا يوجد لها مثيل في الطيور الحالية.

ولو أن الطيور كانت موجودة بنهاية العصر الميزوزويكي، إلا أنه في العصر السينوزويكي حدثت للطيور تحورات متشعبة لمواءمة البيئة، يؤكد ذلك العدد الهائل من الأنواع الواسعة الانتشار نجاح هذه التحورات.

ويلائم تركيب وفسولوجية الطيور قدرتها الفائقة على الطيران بطرق عدة أهمها بطبيعة الحال وجود الأجنحة نفسها. ولو أن الأجنحة الآن مكنت الطيور من السفر لمسافات بعيدة للبحث عن الغذاء المناسب والوفير، إلا أن وجودها نشأ في مبدأ الامر لتمكن الحيوان من الهرب من مفترسيه. ووجود طيور غير مجنحة في المناطق القطبية ونيوزيلندة ومناطق أخرى، حيث ينذر وجود المفترسات، هو دليل غير مباشر على ذلك.

و الطير الكفء، مثل الطائرة ذات الكفاءة، يحتاج بان يكون خفيف الوزن وقوي. وخفة الوزن في الطيور سببها وجود الريش والعظام المجوفة، تكبر غدة واحدة



الشكل (٣٦-١٣) :-

نسخة حفريّة

الذئيل *cheopetrix*

الطويل، الأسنان،

المغالب على الأجنحة

هي صفات زواحف.

الريش، والواضح جيدا

يجعلها تصنف ضمن

الطيور. (بتصريح من

المتحف الأمريكي

للتاريخ الطبيعي).

(في الاناث) في الحجم وتصبح فعالة اثناء موسم التكاثر فقط، وخفف فقد الاستان من وزن الرأس واستعاض الطير عن وظيفتها بالحوصلة الموجودة قرب مركز الثقل.

وقوة الطير نابعة من وجود عضلات صدرية كبيرة متصلة بقص (Sternum) كبير (الشكل ٣٦-١٤). وللطيور كذلك قلب ذو أربعة غرف تسمح كفاءة بثبات درجة حرارة الجسم والتي تسمح بدورها في حدوث معدل عال من التمثيل الغذائي تحت كل البيئات الحرارية المختلفة. ويمكن للطيور أن تستمر في نشاطها في الجو البارد، بخلاف الزواحف التي تصبح كسولة عند هبوط درجة الحرارة. وينتج عن إرتفاع معدل التمثيل الغذائي بسرعة انطلاق طاقة ضرورية للطيران. وتوفر الطيور تلك الطاقة من غذائها المركز وخاصة الغذاء الغني بالدهون مثل البذور والحشرات والحيوانات الأخرى.

ولقد تميزت نهاية العصر الميزوزويكي بتغيرات جيولوجية وحيوية (بيولوجية) واضحة على الأرض، وكلا التغيرات لها علاقة ببعضها البعض. فمن الناحية الجيولوجية تميزت هذه الحقبة بظهور سلاسل جبلية في أماكن كثيرة من العالم، منها جبال الروكي والأنديز والهمالايا. ومن الناحية الحيوية (البيولوجية) تميزت باندثار رتب الزواحف التي ترعرت خلال الميزوزويك. فبفجر العصر السينوزويكي اختفت البليسيوساورات والاكثيوساورات واليتيروساورات وجميع أنواع الدينيوساورات من على وجه الأرض، وترك اندثار تلك الزواحف أماكن كثيرة على الأرض وفي الهواء والماء للطيور والحيوانات الشدية.



الشكل (٣٦-١٤): هيكل حمامة. لاحظ استرنة الكبيرة والتي تتصل بها عضلات الطيران. قارن الدليل بذيل الـ *Archaeopteryx* في الشكل (٣٦-١٣).

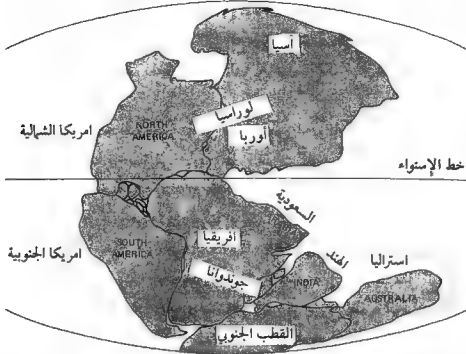
CONTINENTAL DRIFT

٨٣٦. الانحراف القاري

وفي العصر الميزوزويكي المبكر بدأت كتل سطح الأرض حقة من الانحراف على وجه الكرة الأرضية، وما زالت تلك الحقة مستمرة حتى الآن. ووجود مثل هذه الظاهرة بدأت تستحوذ الاستحسان الآن فقط، إذ أمدتنا بالاجابة على العديد من الحقائق الجيولوجية والحيوية (البيولوجية). وكل من تلك الحقائق تؤيد الفكرة القائلة بأنه عند ابتداء العصر الميزوزويكي كانت جميع القارات متصلة ببعضها البعض في كتلة واحدة من الأرض سميت باسم بانجيا (Pangaea) (الشكل ١٥-٣٦) وإثناء العصر الترياسي بدأت البانجيا (كتلة الأرض المتصلة) في التمزق، في اول الامر إلى كتلتين رئيسيتين من الأرض، لورانسيا (Laurasia) في نصف الكرة الأرضية الشمالي، جندوانا (Gondwana) في النصف الجنوبي. ولو أن الوقت الصحيح غير مؤكد حتى الآن فإن القارات الحالية انفصلت لتأخذ وضعها المعروف اليوم على فترات أثناء بقية العصر الميزوزويكي وكل العصر السينوزيكي. ولو ان الدراسة الفيزيائية المتعمقة التي تدل على حدوث الانحراف القاري ليست موضع الدراسة في هذا الكتاب، الا انه يمكن القاء الضوء على البعض منها.

فشكل القارات الحالي يوحي بأنها كانت متصلة في يوم من الايام، فالساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية والساحل الغربي لأفريقيا ينطبقان على بعضها البعض (الشكل ١٥-٣٦).

ولو كانت القارات في يوم من الايام متصلة ومكونة كتلة واحدة من الأرض فانتوقع وجود ظواهر جيولوجية متشابهة في أماكن هي الآن منفصلة ولكنها كانت من قبل ملتصقة. وهذا هو الواقع، فلقد وجد أن المحتويات المعدنية والعمر في الصخور الموجودة في مساحة صغيرة موجودة على الساحل الشرقي للبرازيل تماثل تماما تلك الموجودة في دولة غانا على الساحل الغربي لأفريقيا. وسلاسل الجبال المنخفضة وأشكال الصخور في نيوانجلاند وشرق كندا تبدو وكأنها متصلة مع مناطق بالجزر البريطانية وفرنسا والدول الاسكندنافية. وأظهرت كل من الهند والجزء الجنوبي من أفريقيا شواهد على حدوث عصور جليدية دورية خلال العصر الباليوزيكي، وهذا مما يدعو إلى الدهشة حقيقة في الأرض التي تقع الآن مجاورة لخط الاستواء، حيث وجد أن أنماط



الشكل (١٥٣٦): باتيجيا، إعادة تركيب كتلة الأرض الوحيدة التي يعتقد انها وجدت منذ ٢٠٠ مليون سنة أثناء العصر الترياسي والتي منها تكونت قاراتنا الحالية. إعادة التشكيل مبني على نظام كمبيوتر ينطبق على القارات كما تبدو اذا ما كان سطح البحر أوطى بنحو ٦٠٠٠ قدم. وبابتداء العصر الجيوراسي، منذ ١٨٠ مليون سنة، انفصلت باتيجيا الى لوراسيا في الشمال وجندوانا في الجنوب. ويوجد دليل قوي على استمرارية الانحراف القاري الى وقتنا هذا، وفي الحقيقة، مازال مستمرا. (معلومات من ر. س. هولدن).

الرواسب الجليدية في هذه المناطق تتشابه تماما في كل من تلك المناطق كما تتطابق أيضا مع الأنماط الموجودة في كل من أمريكا الجنوبية وأستراليا والقطب الجنوبي.

وعندما تتكون الصخور المحتوية على خام الحديد لأول مرة فإنها تصبح مغنطة دائما في اتجاه المجال المغناطيسي للأرض في ذلك الوقت. ودراسة مثل تلك الصخور التي نشأت في أوقات مختلفة من تاريخ الأرض وفي مناطق مختلفة منها أثبتت أنها مغنطة في اتجاهات تؤيد قصة تباعد القارات كما ذكرناها. وعندما نواجه بمثل هذا الدليل القوي على إزاحة القارات لأبد أن نسأل: هل هناك آلية توفر القوى اللازمة لتحريك القارات؟ إحدى الآليات المقترحة تتضمن إنشطار قاع المحيطات وقد أعطيت إسم تحركات الصفائح plate tectonics ففي السنوات الأخيرة تم جمع قدر كبير من الأدلة

والبراهين الجيوفيزيكية (تراوحت بين تحليل الزلازل وقياس مغناطيسية وتضاريس قاع المحيطات) التي تؤيد فكرة تحركات الصفائح ومن ثم تقدم تفسيراً مقبولاً لنظرية إزاحة القارات . ويمكنك دراسة بعض هذه الأدلة والبراهين بالتفصيل في المراجع المذكورة في آخر هذا الباب .

وبإذا تخبرنا انحراف القارات عن تاريخ تطور الحيوانات والنباتات وبالعكس؟ فتنظرية تفتت كتلة واحدة من الأرض الى القارات الموجودة حالياً تشرح الكثير من الالغاز البليونتولوجية (Paleontological) فهي تشرح مثلاً لماذا توجد حفريات خاصة من الزواحف المعروف وجودها في جنوب افريقيا، توجد أيضاً في البرازيل والارجنتين . والاكتشافات التي حدثت في عامي ١٩٦٩م ، ١٩٧٠م في القطب الجنوبي والتي وجدت فيها حفريات البرمائيات ، الكوليسورات والثيرابسيدات ، إذ وجدت مثل أنواع تلك الحفريات أيضاً في جنوب افريقيا والهند والصين . كما تشرح نظرية انحراف القارات ببساطة لماذا توجد أقارب مشابهة كثيراً لدودة الأرض المتواضعة الموجودة في شرق أمريكا الشمالية في غرب أوروبا وليس في غرب أمريكا الشمالية . وما تم ذكره من قبل هي أمثلة قليلة من الكثير الدالة على نظرية انحراف القارات . وتوزيع الحيوانات والنباتات من العصر الميزوزويكي وحتى الآن يمكن فهمه على أساس تفتتها تدريجياً وتوزيعها على القارات الحالية ، كما يفيد البرهان الذي يتبناه علماء الجيوفيزياء بأن القارات الحالية هي في الواقع دائمة الحركة وليست ساكنة .

٩-٣٦ : الثدييات (طائفة مماليا)

THE MAMMALS (CLASS MAMMALIA)

يظن العلماء أن أول الثدييات نشأت في نهاية العصر الترياسي وذلك من سلالات حيوان الثيرابسيد (Therapsid) (الشكل ٨-٣٦) . وكانت تلك الثدييات الأولى صغيرة الحجم وتتغذى أساساً على الحشرات . ويرتبط بحياتها النشطة هذه ضرورة إستطاعتها إبقاء حرارتها ثابتة . وكما في الطيور (والتي لم تظهر إلا في العصر الجيوراسي) ، إرتبط ثبات درجة الحرارة مع وجود قلب ذو أربعة غرف ووجود جهاز منفصل لأكسدة ودوران الدم . وأمكن الاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم بنمو الشعر . ولو أن الثدييات الأولى كانت تضع بيضاً مثل أسلافها من الزواحف إلا أن صغارها بعد خروجها من البيض كانت تتغذى على اللبن الذي تفرزه غدد موجودة على جلد الأم . وبالعكس الحال في

أسلاف الثدييات من الزواحف، فإن أسنان الثدييات أصبحت متخصصة في قطع (القواطع) وتزيق (الانياب) وهرس الطعام (الضروس). والمادة السنجابية في المخيخ، والمغطاة بالمادة البيضاء في الزواحف، نمت لخارج وفوق سطح المخ.

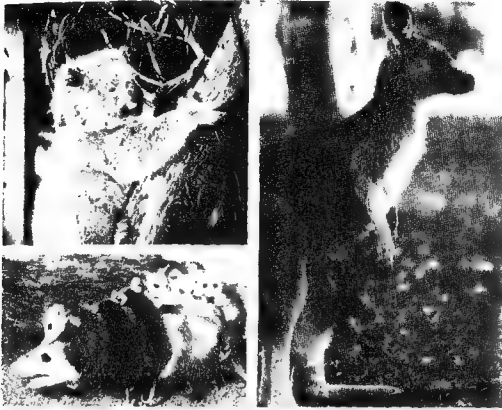
وأخذ تطور الثدييات الأولى عدة طرق مختلفة، من المجاميع التي نشأت، إستمروا ثلاثة منها فقط إلى يومنا هذا، وتلك المجاميع الثلاثة هي:

- (١) المونوترييات (Mamotremes) وهي الثدييات واضعات البيض (تحت طائفة بروتوتيريا (Prototheria).
- (٢) الماروسويالات (Marsupials) وهي الثدييات ذوات الجيب (تحت طائفة ميتاتيريا (Metatheria).
- (٣) الثدييات المشيمية (Placental Mammals) (تحت طائفة يوتيريا (Eutheria).

وتتميز كل من هذه المجموعات بالطريقة التي تتبع في الاعتناء بالصغار اثناء فترة النشوء الجنيني. فالمونوترييات تستمر في وضعها للبيض كما فصل أسلافها من الثدييات. والحيوانات الثدييات وهما البلاتيوس (الذي يشبه البطة) وأكل النمل ذو الأشواك (المسمى اكيندناس Echidnas - الشكل ١٧-٩) هما الحيوانان الوحيدان الباقيان على سطح الأرض حتى الآن من مجموعة المونوترييات.

وفي حيوانات الماروسويالات (الشكل ٣٦-١٦) تبقى الصغار لفترة وجيزة داخل القنوات التناسلية للام، في تلك الفترة الوجيزة تتغذى الصغار على ما تمدها به بحفظة الملح التي تنمو في جدار الرحم، ومع ذلك تولد الصغار في دور مبكر من النمو، ثم تزحف إلى جيب موجود على بطن الام وتبدأ في الرضاعة من الحلمات المفرزة للبن، هنا يتم النمو.

والماروسويولات الأولى ربما كانت تشبه الحيوان الحالي المسمى أوبوسوم (*Opussum*) ونشأت أول ما نشأت في أمريكا الشمالية، لكن عندما كانت منطقة جوندوانا مازالت موجودة فإن حيوانات الماروسويالات لا بد وأنها إنتقلت إلى أماكن أخرى مثل أمريكا الجنوبية وأستراليا ونيوزيلندا، يصعب تفسير وجود تلك الثدييات الآن في كل من أمريكا الجنوبية وأستراليا إلا بغرض أن الأرض كانت كتلة واحدة متصلة على الأقل خلال أوائل العصر الميزوزويكي ولهذا لسبب فإن علماء الحفريات (الباليانتولوجي)



الشكل (١٦-٣٦): أمثلة للحيوانات الكيسية. دب الكوالا. (يسار علوي) وهذا الكانجارو؟ (يمين) أثنان من أنواع الحيوانات الكيسية العديدة الموجودة في أستراليا. (بتصريح من مصلحة الاستعلامات الأسترالية). الأوبوسام العادي (يسار أسفل) هو الحيوان الكيسي الوحيد الموجود في أمريكا الشمالية. (لويس، جورج، كوكس، يروس كولمان).

تنبؤاً لفترة طويلة بوجود حفريات الماروسويالات في منطقة القطب الجنوبي، ولقد تحققت هذه النبوءة بالفعل في مارس عام ١٩٨٢ باكتشاف بقايا حيوان البوليدولويس (Polydolops) في حفرة بلغت ٩ بوصات في الطول وذلك في جزيرة سيمور (Seymour) (الموجودة قرب الطرف الشمالي لشبه جزيرة القطب الجنوبي).

ونظراً للانعزال النسبي بين أستراليا وأمريكا الجنوبية، فإن الماروسويالات حدث لها عمليات موامة بيشة متشعبة محكمة، لكن إتحاد أمريكا الشمالية بالجنوبية عن طريق برزخ بنما منذ مليونين من السنين جعل المجموعة الثالثة والاكثر تقدماً من الثدييات وهي الثدييات المشيمية في تنافس مباشر مع ماروسويالات أمريكا الجنوبية والتي إندرثر كل أنواعها فيها عدا ٦٩ نوع منها، في أستراليا ونيوزيلندا فقط بقيت مجموعة كبيرة

متباينة من الماروسويالات على قيد الحياة حتى الآن وذلك في المناطق التي دخلتها واستقرت فيها الحيوانات الثديية المشيمية ، وبقيت كذلك حيوانات المونوتريات حية في تلك المناطق .

وتحتفظ الثدييات المشيمية بصغارها داخل رحم الأم إلى أن يتم الجنين تقدمة في النمو، ونظرا لوجود القليل من الملح في البويضة فإن الأغشية الجنينية الزائدة تكون حبالا سريا ومشيمة يستطيع الجنين النامي عن طريقها تأمين الحصول على غذائه مباشرة من الأم .

ولمدة ٧٠ مليون سنة خلال العصر الميزوزويكي، كانت تمثل الثدييات المشيمية برتبة واحدة فقط ، لكن بحلول حقبة الايوسين (Eocene) وهي إحدى أحقاب العصر السينوزويكي) تشعبت الثدييات المشيمية إلى ١٤ رتبة على الأقل (الشكل ١٧-٣٦) .

الشكل ١٧-٣٦ . رتب الثدييات المشيمية (بوتيريا) والحيوانات المثلة بها :

- ١ - آكلات الحشرات : Shrews والنسانيس Moles.
- ٢ - آكلات النمل القشرية : Scaly Anteaters.
- ٣ - ناقصات الاسنان : Edentata: الأماذيلو.
- ٤ - الجناحيات : Chiroptera: الرطاويط.
- ٥ - القارضات Rodentia السنجاب والفئران والجردان والبيفر Beaver.
- ٦ - اللاجوسورفا Lagomorpha: الأرانب.
- ٧ - آكلات اللحم Carnivora: الأسود، القطط، الكلاب، أسد البحر، Warus Shunk.
- ٨ - ذوات الحوافر فردية الأصابع (odd-toed ungulates تحت رتبة Perissodactyla الحمار المخطط، الحصان، الحمار، وحيد القرن).
- ٩ - ذوات الحوافر زوجية الأصابع (even-toed ungulates تحت رتبة Artiodactyla) الجمل، عجول البحر، الغزلان، للماشية، الخنازير، الماعز، الزراف.
- ١٠ - الحيتان Cetacea: الحيتان، الدولفينات، Porpoises.
- ١١ - أبواق البحر Sirenia: الماناتي Manatee ، دوجنج Dugong.
- ١٢ - الخرطوميات Proboscidea: الفيلة.
- ١٣ - الاردفاركات Aardvarks.
- ١٤ - الثدييات العليا Primates: الليمورات Lemurs ، قرود الدنيا الجديدة، قرود الدنيا القديمة، الغوريلا Great Apes الإنسان Humans.

وأسباب بقاء تلك الثدييات المشيمية غير ذات أهمية طيلة هذه المدة الطويلة ثم تبعته بتلك الموجة من الانفجار من حيث الزيادة العددية ما يلي : أول الاحتياجات اللازمة لتعدد الأنواع هو الاقلال من الضغط الانتخابي، ولقد حدث هذا بالفعل للثدييات ولكن بعد إنذار الزواحف السائدة، إذ بعد ذهاب أغلب الزواحف توفرت بيئات متنوعة أمكن للثدييات أن تقطنها، فحلت ذوات الحوافر (Ungulates) محل الدينوساورات العشبية التغذية واقتستها آكلات اللحوم، وحلت الحيتان الحقيقية (Cetaceans) و الثدييات آكلات اللحوم (Carnivorans) محل البليسيوساورات (Plesiosaurs) في المحيطات ووجدت أسلاف اللوطايط أماكن جديدة للمعيشة، إذ أمكنها بمساعدة أجهزة إكتشاف الصيدي إصطياد الحشرات الليلية، هذه القدرة وانعدام المنافسة في أماكن معيشتها هذه أمكن للوطايط أن تكون الثانية بعد القوارض في عدد الأنواع.

١٠-٣٦ . تطور الانسان (هوموسابينز):

THE EVOLUTION OF *HOMO SAPIENS*

يعتبر الانسان من رتبة الثدييات المشيمية والمعروفة باسم الثدييات العليا (Primates) والتي تمتد جذورها إلى نحو ٦٠ مليون سنة، وربما كانت أفرادها الأولى عشبية تعيش على الأشجار والتي يعتبر الليمور (Lemur) والتارسير (Tarsier) من سلالتها الموجودة حالياً والتي لم تتغير كثيراً، فالأيدي فيها من النوع القابض (ولها أظاف) والابصار فيها قوى وكلا الصفتين هامتين للحياة بين الأشجار (الشكل ١٨-٣٦)، تستطيع تلك الحيوانات الحذر باستمرار من أعدائها وهي تتناول في نفس الوقت غذاءها من على قمم الأشجار التي يمكنها التحرك بينها بسهولة.

ومنذ ٢٠ مليون سنة تقريبا، إنقسمت الثدييات العليا عن طريق انقساماتها المتكررة إلى أنواع إلى ثلاثة أصول Stocks: قردة الدنيا الجديدة، قردة الدنيا القديمة، الانسانيات (Hominoids) وهي أسلاف القردة (Apes) والحظ الذي أدى إلى نشوء الانسان، ويبدو أن قردة الدنيا الجديدة فضلت المعيشة في مناطق أمريكا الاستوائية، أما المجموعتان الثانيةتان فقد إنتشرتا في أفريقيا وأجزاء من أوروبا وآسيا. واختلفت الانسانيات عن قردة الدنيا القديمة بأذرعها الأكثر طولاً وقوامها الأكثر استقامة وغياب



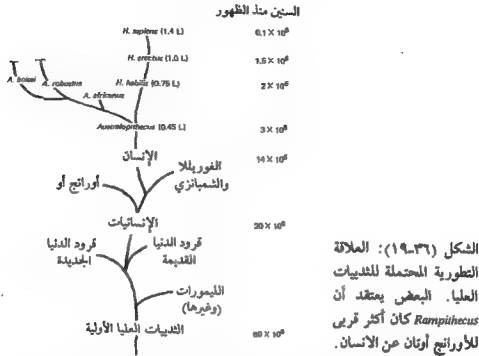
الشكل (١٨-٣٦): تارسير.
عيونة الكبيرة الناعمة للامام
ويدي القابضة هي صفات
نموذجية للشبديات العليا
(بصريح من جمعية نيويورك
لعلم الحيوان).

الذيل ، ربما كانت تلك الانسانيات أيضا من ساكني الاشجار.

ومنذ ١٤ مليون سنة ، إنقسمت الانسانيات (Homonoids) ثانية إلى الهومينيدات (Hominids) والتي تركت الاشجار وأصبحت تمشي على الارض والقردة (Apes) والقردة الحقيقية (Pongids) والتي بقيت على الاشجار، ومن هذا الفرع الثاني نشأت القردة الكبيرة مثل الغوريلا والاورانج اوتان والشبانزي.

ومنذ ٣ مليون سنة ظهرت الهومينيدات بصفات الانسان المحددة، أهم تلك الصفات تغير هيكلها لتواكب وضعها القائم، شمل هذا أيضا التغيرات في تركيب عظام الحوض واتصال عظام الظهر بقاعدة الجمجمة بدلا من اتصالها بالجمجمة من الخلف. والمخلوقات التي بها الصفات السابق ذكرها ماهي الا صفات الرجال القردة Ape-men والتي تم وضعها تحت جنسي اوسترالوبيثيكس (Australopithecus).

وفي خلال المليون والنصف سنة التالية نشأت ثلاثة أفرع مستقلة من الهومينيدات، يبدو أنها عاشت جميعها جنبا إلى جنب. والثلاثة أفرع كانت أ. افريكاناس (Australopithecus africanus) وابن عم له اسمه أ. روبستاس (Australopithecus robustus) والفرع الثالث هو هوموهابيليس (Homo habilis) (الشكل ١٩-٣٦) ولقد



وجدت بقايا هومو هابيليس (*Homo habilis*) هذا مع أدوات حجرية بدائية مثل أطراف السهام وأمثالها. وهذا يدل على أن هومو هابيليس (*Homo habilis*) صنع واستخدم تلك الأدوات. ولربما إستدعت الحاجة لصنع تلك الأدوات وطريقة الحياة التي تقوم أساسا على الصيد لصالح الجماعة إلى تهيئة عوامل الضغط الانتخابي لسرعة زيادة حجم المخ. وعموما فإن هومو هابيليس (*Homo habilis*) كان له مخ يبلغ في الحجم نحو ٧٥٠ ملم وهو حجم يعادل ثلثي حجم مخ الأسترالوبيثيكس (*Australopithecus*).

وتحور هومو هابيليس (*Homo habilis*) بالتدريج إلى سلالة أذكى هو هومو إيريكثاس (*Homo erectus*) والذي ظهر من ١,٥ مليون سنة حينما كان هناك نوعان من أنواع أسترالوبيثيكس (*Australopithecus*) وهما أ. بويساي *A. boisei*, *A. robustus* أ. رويستاس. مازالا موجودان أيضا في نفس الوقت لكنهما ما لبثا أن إندثرا سريعا بعد ذلك لانهما لم يستطيعا منافسة النوع الأذكى وهو: (*Homo erectus*).

ولربما نشأ النوع هومو إيريكثاس هذا في أفريقيا ولكن ما لبث أن إنتشر في آسيا (مثلا في رجل جاوة ورجل بكين). وانتشار النوع هومو إيريكثاس (*Homo erectus*) في أفريقيا وآسيا والشرق الأدنى خلق عددا نسبيا من الاحواض المنعزلة جينيا والتي

نسببت في بدء عملية خلق تحت أنواع جديدة نشأت منها مجاميع الأجناس المعروفة في يومنا هذا ، وتلك العملية تشابه العملية التي نشأت في أمريكا الشمالية ونتج عنها نشوء سبعة تحت أنواع من جيوتليبس تريكاس (*Geothylpis trichas*) (الشكل ٢٣-١٠) .

ومنذ نحو ١٠٠,٠٠٠ سنة ظهر الانسان الحالي هوموسابينز (*Homo sapiens*) وسمى أول أشكاله في أوروبا والشرق الأدنى باسم رجل نياندرتال (*Neanderthal man*) وأحيانا سمي باسم تحت النوع هوموسابينز نياندرتال (*Homo sapiens neanderthalensis*) وكان رجال النياندرتال أناس حقيقيون في كل الصفات إذ كان حجم المخ كما هو في الانسان الحالي (في الحقيقة أكبر قليلا) ولقد دفن رجال النياندرتال موتاهم في القبور مع القرابين .

واندثر رجل النياندرتال فجأة منذ نحو ٣٥,٠٠٠ سنة وحل محله الانسان هوموسابينز ساابينز (*Homo sapiens sapiens*) والذي يشبهنا الآن في كل الوجهة ومثل هذا الرجل أو الانسان وجد في أفريقيا والشرق الأقصى اثناء أغلب الوقت الذي كان فيه الرجل هوسابينز (*H. s. neanderthalensis*) موجودا فيه في أوروبا والشرق الادنى .

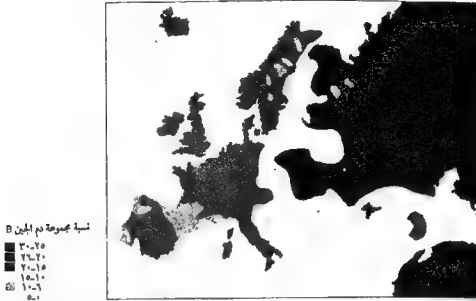
وكم هي أعداد أجناس الانسان التي نشأت بسبب وجود المستنقعات الجينية المنعزلة؟ في الواقع لا توجد اجابة سهلة على هذا السؤال . واختلف هذا العدد تبعا للباحثين وطبقا لمدى اختلاف المقاييس التي وجدوها بين المجتمعات المختلفة المتكونة نتيجة وجود تلك المستنقعات الجينية . وسجل بعض هؤلاء الباحثين خمسة اجناس هي : (١) النجرو (*Negroid*) (وهي تحت مجموعات نشأت في افريقيا) ، (٢) المنجولي (*Mongoloid*) (الموجود في آسيا) (٣) القوقازي (*Caucasoid*) (الموجودة في الشرق الأوسط وفيما بعد في أوروبا) ، (٤) الأمريكي الهندي (وهو الانسان : هوماسابينز (*Homo sapiens*) الذي وصل إلى نصف الكرة الغربي عن طريق كوبرى ارضي الذي ربط من وقت لآخر بين آسيا وأمريكا الشمالية وهو ممر بيرنج (*Bering strait*) - (٥) الاسترالي (*Australoid*) (وهو تحت نوع منعزل في استراليا) .

وحتى إذا ما حاول الفرد دراسة الأحواض (Pools) الجينية تبعا لتوزيع مجاميع الدم مثل ABO ، فيمكن التأكد من وجود تشعب داخل تلك المجاميع الخمسة السابق

ذكرها. فالمجموعة الأوروبية يمكن أن تقسم إلى عدد من المقاييس أو المعايير، وشكل ٣٦-٢٠ يوضح الاتجاه في تفوق مجموعة الدم B كلها تقدمنا في أوروبا من اتجاه الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، في أفريقيا كذلك توجد حالة تقسم الإنسان فيها إلى تحت مجاميع (أو تحت شعب). وسكان الهند مثلاً يختلفون وراثياً عن هنود أمريكا الشمالية والاسكيمو، وكل ذلك من نواتج تواجد الإنسان في وقت من الاوقات على شكل عدد من تحت الشعب المنعزلة، ويفعل الانتخاب الطبيعي وربما الانحراف (Drift) ايضاً، اثرت في تلك المستنقعات (المجاميع أو تحت الشعب) المنعزلة ونتج عن ذلك ظهور الاختلافات في الاجناس التي نلاحظها في وقتنا هذا.

وتكوين تحت الانواع المنعزلة جغرافياً كانت الخطوة الاولى في ظهور الانواع التي سبق ذكرها في تطور الإنسان. فهل يستمر وجود النوع هوموإريكتاس (*Homo erectus*) وبالتالي النوع هوموسابينز (*Homo sapiens*) على الدرب؟ الاجابة هي لا. فالإنسان كان على الدوام من أكثر الحيوانات حركة. فمجاميع كثيرة من الإنسان هاجرت باستمرار من مكان إلى آخر في العالم، فاذا قابلت مجموعة من تلك المجاميع المهاجرة مجموعة أخرى يحدث بينهما بعض التزاوج وبذلك يحدث الخلط بين مستنقعاتها الجينية. ولذكر مثال على ذلك، ما يوجد في الأمريكتين فإن الجينات الناشئة من مستنقع جيني أوربي مع أخرى ناشئة من مستنقع جيني أفريقي أعطت مستنقعا جينياً جديداً يختلف عن المستنقع الأوروبي أو الأفريقي.

وحيث أن الحواجز الثقافية حالت دأبنا دون حدوث التزاوج بين المستنقعات الجينية، فلا يوجد أي دليل على أن الخطوات الاولى في نشوء تحت المجتمعات أو تحت الشعب في الإنسان استمرت للدرجة التي يمكن فيها لأي من تلك الحواجز الجينية أن تستمر في التزاوج فيما بينها. والنوع هوموسابينز (*Homo sapiens*) الآن هو نوع واحد ولكنه يحمل باختلافات جينية متعددة وممتش في جميع أنحاء العالم. والالتحام الجزئي بين المستنقعات الجينية والتي حدثت في الماضي وتكرر حدوثها باستمرار أسرع من زوال الحواجز الجغرافية في هجرة الجينات وستزول فيما بعد أيضاً الحواجز الثقافية والتي كانت هي أيضاً أحد أسباب منع التزاوج بين جينات المستنقعات الجينية. وهجرة الجينات هذه بين المستنقعات الجينية ستؤدي في النهاية إلى وجود مجتمع واحد مختلط يشمل العالم بأكمله ونتمنى بحدوث هذا أن تزول الحواجز الاجتماعية والتي كانت سبباً في حدوث



الشكل (٣٦-٧٠): تعدد الجينات لمجموعة دم الجين (B) في التعدادات الأوربية وأجزاء من آسيا. لاحظ الانخفاض التدريجي في تعدد هذا الجين كلما اتجهنا من الشمال الشرقي الى الجنوب الغربي. ومثل هذا التدرج المستمر في تعدد الجين يسمى كلاين (Cline) ويوضح تعدد مجموعة الدم للجين (A) كلاين في الاتجاه المضاد. (أعيد رسمه من مورانت وزملائه ١٩٥٩).

مشاحنات مستمرة بين إنسان وآخر.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب :

إن تتبع تاريخ تطور الحيوانات يشجعنا على معرفة الخطوات التي أدت إلى ظهور الإنسان وتطوره من أول الديدان المفلطحة. وطبقا لهذه النظرية فإن نشوء وظهور الرثات والأطراف والبيض ذو القشرة كانت لتمكين الحيوانات من إستعمار الأرض، وظهور الأيدى القابضة مكنت الحيوانات من الإمساك بالالآت المختلفة. وتسمى نظرية هذا النوع من التطور باسم تليولوجية (Teleological) والتي توضح بأن التطور كان للوصول إلى هدف معين، لو أنه لا يوجد أي دليل على ذلك في الحفريات ، بل على العكس من ذلك ، فإن التطور الذي حدث في الرثات والأطراف كان نتيجة الضغط الانتخابي لتمكين حيوانات الكروسوبتريجيانات (Crossopterygians) على البقاء في الماء . ونشوء البيض ذو القشرة ربما ظهر لأن الزواحف المائية الأولى أنتجته

حتى يمكنها إخفاؤه على اليابسة بعيدا عن أعين المفترسات المائية الجائعة . والأيدى القابضة نشأت إستجابة للحاجة إلى المعيشة بين الأشجار . ولكن تجب ملاحظة أن كلا من هذه التحورات الجديدة والتي نشأت إستجابة لأحد الضغوط الانتخابية أمدت الحيوانات بخطة امكنها بها إستعمار بيئات جديدة . فالبرمائيات والزواحف وجدت الارض مليئة بالنباتات والحشرات وبدأت البرمائيات في الأفول ومازال هذا الأفول مستمرا حتى الآن . وكان نحو ثلث تاريخ الثدييات مجهولا ، ولكن باندثار الزواحف تركت الارض مفتوحة لتلك الثدييات لتبدأ فترة سيادتها على الارض والتي مازالت مستمرة حتى الآن . وهل يمكن للزواحف أن تستعيد سيادتها ثانية ؟ طبعا لايمكنها ذلك إلا إذا إختفت أعداد كبيرة من الثدييات التي هي الآن سائدة من على وجه الأرض . والسجلات الحفرية مملوءة بالبيانات عن أمثلة كثيرة بعضها هام والآخر أقل أهمية وكلها توضح ظهور مجاميع من الحيوانات وازدهارها لبعض الوقت ثم اندثارها ثانية ، وبذلك تعيد الطريق لمجموعة أخرى من الحيوانات التي طورت نفسها لتصبح قادرة على المعيشة في أماكن تلك الحيوانات المندثرة . والقصة كلها هي قصة موازنة وتحمول لمواجهة الاحتياجات العاجلة والتي يتضح بطريق الصدفة بانها هي القادرة على فتح فرص جديدة وطرق جديدة غير مزدحمة لمعيشة الكائنات الحيوانية التي تملك هذه التحورات .

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - في أي من الطرق سائر تاريخ تطور البرمائيات مثيله في الحزازيات القائمة ؟ وفي أية طرق اختلف عنه ؟
- ٢ - لخص محورات الخواص التركيبية والفسولوجية التي مكنت الطيور من النجاح في طرق حياتها .
- ٣ - لخص التحورات التي مكنت الزواحف من إستعمار الأرض أكثر مما فعلت البرمائيات .
- ٤ - كان رجل جأوة في يوم من الايام مصنفا على أنه (*Pithecanthropus erectus*) ولأن معظم علماء الانثروبولوجيا يصنفونه على أنه (*Homo erectus*) ماذا يعكس التغيير في تفكيرهم هذا ؟

- ٥ — هل تعتبر الانسان أهم حيوان ثديي متخصص؟ دافع عن رأيك.
- ٦ — هل تعتبر السييليانات (Caecilians) برمائية بدائية، دافع عن رأيك.
- ٧ — ماهي الصفات الواجب توفرها في الثدييات؟
- ٨ — ماهي الخواص الضرورية للطيور؟
- ٩ — كيف يختلف سمك التراوت (Trout) عن سمك القرش؟ في أي من الطرق يتشابهان؟

REFERENCES

المراجع :

1. ROMER, A. S., The Vertebrate Story, rev. ed., University of Chicago Press, Chicago, 1971. Traces the evolution of the vertebrates from their suspected origins to the modern forms, including humans, that inhabit the earth today. A wealth of information on the fossil links between the various groups is also included.
2. COLBERT, E., H., Evolution of the Vertebrates, 3rd ed., Wiley, New York, 1980. A history of vertebrate evolution in a paperback edition
3. BAKKER, R. T., "Dinosaur Renaissance," Scientific American, Offprint No 916, April, 1975. Present evidence that some thecodonts and all their dinosaur descendants were homeothermic. The author believes that birds are the surviving descendants of one order of hot-blooded dinosaurs.
4. DE BEER, SIR GAVIN. The Evolution of Flying and Flightless Birds, Oxford Biology Readers, No. 68, Oxford University Press, Oxford, 1975. Includes a detailed examination of Archeopteryx in the evolution of birds.
5. NAPIER, J. R., Primates and Their Adaptations, Oxford Biology Readers, No. 28, Oxford University Press, Oxford, 1972.
6. HOWELLS, W., Evolution of the Genus *Homo*, Addison-Wesley, Reading Mass., 1973. A succinct paperback account of evolution from the early hominids to modern humans.
7. HALLAW, A., "Continental Drift and the Fossil Record", Scientific American, Offprint No. 903, November, 1972.

8. DIETZ, R. S., and J. C. HOLDEN, "The Breakup of Pangaea", Scientific American, Offprint No. 892, October, 1970.
9. RUSSEL, D. A., "The Mass Extinction of the Late Mesozoic", Scientific American, Offprint No. 1507, January, 1982. Explores the hypothesis that they were the outcome of changes caused by the fall of an asteroid.
10. SIMONS, E. L., "Rampithecus", Scientific American, Offprint No. 695, May, 1977. The earliest hominid.
11. WASHBURN, S. L., "The Evolution of Man", Scientific American, Offprint No. 1406, September, 1978.
12. WALKER, A., and R. E. F. LEAKEY, "The Hominids of East Turkana", Scientific American, Offprint No. 709, August, 1978. Analyzes the relationships between the specimens of *A. robustus*, *H. habilis*, and *H. erectus* found in this area of Kenya.
13. TRINKAUS, E., and W. W. HOWELLS, "The Neanderthals", Scientific American, Offprint No. 722, December, 1979.

PART IX

القسم التاسع

علم البيئة: الدراسة الاحيائية للعشائر وبيئتها ECOLOGY: THE BIOLOGY OF POPULATIONS AND THEIR ENVIRONMENT



التايجا . (بتصريح من لي اي ييجر) .

CHAPTER 37

الباب السابع والثلاثون

سريان الطاقة خلال المجال الحيوي

ENERGY FLOW THROUGH THE BIOSPHERE

THE INPUT OF ENERGY	١-٣٧ : ادخال الطاقة
ECOSYSTEM PRODUCTIVITY	٢-٣٧ : إنتاجية النظام البيئي
FOOD CHAINS	٣-٣٧ : السلاسل الغذائية
ENERGY FLOW	٤-٣٧ : سريان الطاقة
THROUGH FOOD CHAINS	خلال سلاسل الغذاء
THE BIOMES	٥-٣٧ : التكوينات الأحيائية
FIRE	٦-٣٧ : الحريق
PLANT SUCCESSION	٧-٣٧ : تعاقب النباتات
FRESHWATER ECOSYSTEMS	٨-٣٧ : النظم البيئية في المياه العذبة
MARINE ECOSYSTEMS	٩-٣٧ : النظم البيئية البحرية
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب السابع والثلاثون

سريان الطاقة خلال المجال الحيوي

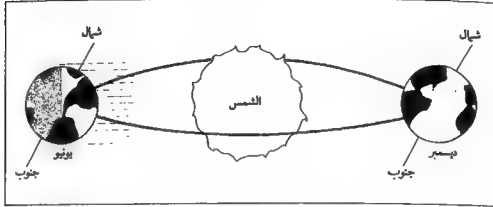
THE INPUT OF ENERGY

١-٣٧ . إدخال الطاقة

درسنا من قبل في هذا الكتاب كيف تقوم النباتات الخضراء بتخزين طاقة الشمس بالبناء الضوئي (الباب الثامن). وكيف تستطيع كل الكائنات استغلال هذه الطاقة المخزونة لكي تعيش (في الباب السابع). ولقد درسنا هذه العمليات كما تحدث في نبات أو حيوان منفرد. أما الآن فسوف نركز إهتمامنا على الصورة الأعم لكيفية اقتناص واستخدام طاقة الشمس في تجمعات communities كاملة من النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة. مثل هذا التجمع مضافا إليه المظاهر غير الحية للبيئة (مثل الهواء والترية) التي تتفاعل معه تسمى نظام بيئي ecosystem ومدى النظام البيئي هو مانحده نحن له. فوعاء به ماء من البركة هو نظام بيئي وكذلك البركة كلها. وأكبر نظام بيئي يمكن أن ندرسه هو المجال الحيوي biosphere: تلك الطبقة الرقيقة (التي لايزيد سمكها عن ١٢ ميل) التي تغطي الأرض حيث توجد كل الحياة. وانتقال تركيزنا من الأفراد إلى النظم البيئية يشبه تحول الأهتمام من طريقة فرد واحد في كسب وانفاق نقوده أو نقودها إلى اقتصاديات منطقة بأسرها أو بلد معين. تشكل الطاقة التي تصل من الشمس إلى الأرض منطقة صغيرة من طيف الأشعاع الكهرومغناطيسي (الشكل ٤-٨). فهي تشمل اشعاع يتراوح طول الموجه فيه ما بين ٤٠٠ و ٧٠٠ نانومتر (١ نانومتر = 10^{-9} متر) وهي التي تحس بها العين البشرية والتي يمكن أن نسميها بالضوء المرئي. وهي تشمل كذلك أشعة فوق بنفسجية ذات طول موجة أقل من ذلك (وهي المسؤولة عن تلوين جلودنا) وأشعة تحت حمراء ذات طول موجة أكبر من ذلك أو حرارة. تختلف

شدة الأشعاع الساقط على الأرض حسب الارتفاع ومواسم السنة. فمحور الأرض يميل بمقدار $23,5^\circ$ درجة عن مستوي دوران الأرض حول الشمس. ولهذا السبب يتلقى نصف الكرة الشمالي أكثر من 12 ساعة من ضوء الشمس خلال الأشهر الستة (تقريباً من 21 مارس حتى 23 سبتمبر) التي يكون فيها محور الأرض مائلاً نحو الشمس وأقل من 12 ساعة خلال الأشهر الأخرى حينما يكون المحور مائلاً بعيداً عن الشمس (الشكل ٣٧-١). والعكس يحدث في نصف الكرة الجنوبي. هذه الظاهرة تؤدي إلى مكسب من الأشعاع الشمسي خلال نصف العام وخسارة خلال النصف الثاني من العام ومن ثم فهي مسئولة عن المواسم. وكلما رحل المرء بعيداً عن خط الاستواء إلى الشمال (أو الجنوب) كلما زادت حدة برودة الأرض في الشتاء وكلما زادت الفترة اللازمة لعودة الدفء في الربيع.

عند الارتفاعات الشاهقة لا يكون هناك تباين فصلي كبير في كمية أشعة الشمس الساقطة على الأرض فقط بل كذلك تكون الكمية الإجمالية المتلقاه خلال السنة أقل مما هي عليه في المناطق الاستوائية. يكون ذلك صحيحاً حتى مع كون العدد الكلي من ساعات ظهور الشمس فوق الأفق واحداً. النهار الطويل في الصيف لا يعوض النهار القصير في الشتاء. هناك عدة أسباب لذلك. فكلما زاد الارتفاع كلما اقتربت الشمس من الأفق والأشعة التي تدخل المجال الجوى بزاوية لا بد أن تقطع مسافة أطول حتى تصل إلى سطح الأرض وبذلك يزيد ما يفقد منها بالامتصاص. بالإضافة إلى ذلك فإن شدة الضوء تقل لأن كمية معينة من الضوء تسطع على مساحة أكبر عند الارتفاعات العالية عما هي عليه الحال عند خط الاستواء (الشكل ٣٧-١). الزاوية القليلة التي تسقط بها الأشعة على سطح الأرض تؤدي أيضاً إلى خسائر أكبر بسبب الانعكاس ومن ثم كمية الطاقة المتاحة للبناء الضوئي. وإذا كانت كل الأمور الأخرى متساوية (وهي غالباً ليست كذلك) فإننا كنا نتوقع أن تكون المناطق الاستوائية أكثر إنتاجية من المناطق المعتدلة. فهي تستقبل حوالي $8000 - 10000$ كيلو سعر من الطاقة كل يوم على كل متر مربع من سطحها على مدار العام. والكيلو سعر، كما قد تتذكر، هو كمية الحرارة اللازمة لتسخين كيلوجرام من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة. وحيث أنه يتم إطلاق كل الضوء الممتص بالبناء الضوئي في صورة حرارة فإنه من البديهي أن نتبع سريان الطاقة في المجال الحيوي على هيئة وحدات حرارية.



الشكل ٣٧-١. نشأة المواسم. لا يكون النهار قصيرا فقط في الشتاء ولكن تقل شدة ضوء الشمس كذلك عند سطح الأرض. تنقص الكمية الاجمالية من الطاقة المتلقاة أثناء السنة مع تزايد خطوط العرض أي أن النهار الطويل في الصيف لا يعوض النهار القصير في الشتاء.

وبفضل النهار الطويل في الصيف تتلقى المناطق المعتدلة أيضا حوالي ٨٠٠٠ - ١٠٠٠٠ كيلو سعر / متر مربع / يوم أثناء موسم النمو وبذلك يمكننا أن نتوقع أن إنتاجيتها خلال أشهر الصيف تساوى إنتاجية المناطق الاستوائية. وقد تكون في الواقع أكبر من ذلك بقليل على الرغم من أن الدراسات القليلة التي أجريت على إنتاجية المناطق الاستوائية قد توصلت إلى نتائج متعارضة مع بعضها البعض.

ECOSYSTEM PRODUCTIVITY

٣٧-٢: إنتاجية النظام البيئي

ما هي كفاءة البناء الضوئي في تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كيميائية مخزونة في جزيئات الغذاء؟ إحدى طرق الأجابة على هذا السؤال هي جمع و وزن كمية المادة النباتية التي ينتجها متر مربع واحد من الأرض خلال فترة زمنية معينة. الجرام الواحد من المادة النباتية الجافة (سوق، أوراق، إلخ) ومعظمها من المواد الكربوهيدراتية يعطى ٢٥, ٤ كيلو سعر من الطاقة عند حرقها (أو تنفسها).

أجريت عدة دراسات بهذه الطريقة وتبين منها أن الغابة المتوسطة في المناطق المعتدلة تخزن حوالي ٥٠٠٠ كيلو سعر / متر مربع على مدى سنة. وهذا يعادل تقريبا إنتاج كيلو جرام واحد من المادة النباتية الجافة لكل متر مربع من الغابة. عندما نأخذ في الاعتبار الكمية الكلية من الأشعاع الذي تتلقاه ونحسب الجزء القابل للاستغلال في

لبناء الضوئي تكون كفاءة التحويل حوالي ١٪ ترتفع هذه القيمة قليلا (الشكل ٢-٣٧) إذا أضفنا إليها كمية الطاقة التي يستعملها النبات نفسه في القيام بالنشاطات الأيضية الخاصة به أي الكمية المستهلكة في التنفس الخلوي. ومن أجل التوصل إلى هذا الرقم لا بد من قياس معدل التنفس في النباتات المدروسة. يمكن تحقيق ذلك بوضعهم في وعاء محكم شفاف وقياس معدل زيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء المحيط أثناء الليل بسبب التنفس. زيادة معدل تناقص ثاني أكسيد الكربون أثناء النهار (لأن معدل البناء الضوئي يكون أكبر من معدل التنفس) يؤدي إلى حساب الزيادة في المادة العضوية، على الأقل فيما يخص المواد الكربوهيدراتية. كمية الطاقة الحبيسة التي تفقدها النباتات في النهاية بسبب التنفس تختلف كثيرا من نوع إلى نوع ولكن المتوسط بالنسبة للغابات هو حوالي ٥٠٪ وبها كان الرقم فإن الكمية التي تعطينا هي محصلة الأنتاجية net productivity أي كمية الطاقة التي يخترنها التجمع النباتي في فترة زمنية معينة.

تجمعات النباتات الصحراوية تختزن حوالي ٥٠٠ كيلو سعر/م^٢/ السنة وبالتالي فإن إنتاجيتها تكون حوالي ١٠٪ فقط من إنتاجية غابات المناطق المعتدلة. تختلف التقديرات كثيرا بالنسبة لإنتاجية الغابات الاستوائية. فبعض القياسات تقدر هذه الأنتاجية بأربعة أو خمسة أضعاف انتاجية الغابات المعتدلة بينما البعض الآخر يشير إلى قيم أقل من ذلك بكثير.

لقد قيل الكثير في السنوات الأخيرة عن إمكانيات المحيطات في المساعدة على تغذية الأعداد البشرية المتزايدة. بعض تقديرات الأنتاجية تشير إلى أننا ربما كنا نستغل المحيطات الآن بمعدل يقارب أقصى إنتاجية لها. تكون المحيطات في أعلى حالاتها الأنتاجية عندما تكون المواد الغذائية المتاحة قريبة من السطح. وينطبق ذلك على المياه

الشكل ٢-٣٧. استغلال ضوء الشمس المريان في مستنقع من نباتات البوط. على الأقل نصف الطاقة التي تختزن بالبناء الضوئي يفقد فيما بعد أثناء التنفس الخلوي للنباتات.

البناء الضوئي	٢,٢٪
الانعكاس	٣,٠
البحر (بما في ذلك التح) وتسخين الجو المحيط	٩٤,٨
المجموع	١٠٠,٠٪

الساحلية الضحلة وعلى بعض المناطق البعيدة عن الشاطئ مثل سواحل بيروحيت تجلب التيارات الصاعدة المواد الغذائية قريبا من السطح حتى المستوي الذي ينفذ اليه ضوء الشمس بالقدر الذي يكفي لحدوث البناء الضوئي . على الرغم من أن تقدير متوسط الانتاجية للمحيطات بصفة عامة غير مؤكد بالمرّة فانه ربما كان يقع في المدى ٥٠٠-١٠٠٠ كيلو سعر/م^٢/سنة وهو ليس أحسن حالا بكثير من إنتاجية الصحاري . وحتى مع التسليم بأن المحيطات تغطى أربعة أخماس سطح الأرض إلا أنها لاتسهم في الانتاجية العامة للأرض بأكثر من الثلث .

معظم غذاء الانسان يأتي بطريق مباشر أو غير مباشر من الزراعة وتحت الظروف المثلي تكون إنتاجية بعض أنواع الزراعة عالية جدا . فحقول قصب السكر قد تحتزن ٢٥٠٠ كيلو سعر /م^٢/سنة أو أكثر وزراعة الأصناف الجديدة من الأرز تمثل جزء من الثروة الخضراء (الشكل ٣٢-١) يمكن أن تؤدي إلى مستويات مماثلة من الانتاجية . ومع ذلك فان الاجزاء المأكولة من النبات ، أي حبوب الأرز ، لا تحتزن سوى ربع الانتاجية العامة للنباتات . أما بالنسبة للزراعة في الأجواء المعتدلة فان معدلات الانتاجية تتراوح بين ٥٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ كيلو سعر /م^٢/سنة وهي تساوي تقريبا إنتاجية الغابات الناضجة في نفس المناطق (الشكل ٣٧-٣) . لاحظ مرة أخرى أن هذه القيم تمثل الانتاجية العامة للنبات كله وليس للجزء المأكول فقط (وهذا قد يخفض هذه القيم بمقدار الثلثين تقريبا)

على الرغم من أن إنتاجية الأراضي الزراعية التي تحظى بإدارة مكثفة قد تزيد كثيرا عن إنتاجية التجمعات النباتية الطبيعية فان الفرق بينها يكون مضللا بعض الشيء . فالطاقة التي تكتسبها التجمعات الطبيعية تأتي بالكامل تقريبا من ضوء الشمس الذي يسطع عليها والحال ليس كذلك بالنسبة للزراعة عالية الانتاجية . فمن أجل الوصول إلى المحاصيل العالية التي تنتجها الأصناف المهجين من الذرة والأرز والقمح لا يكفي فقط أن يكون هناك ضوء من الشمس ولكن لابد من وجود أسمدة وماء الري ومبيدات الآفات والطاقة الآلية اللازمة لحرق وزرع الأرض وكذلك لجني المحصول . تصنيع الأسمدة لا يتطلب فقط مصادر مباشرة للطاقة بل إنه يتم تصنيع الكثير من الأسمدة من البترول والغاز الطبيعي كذلك . (هذه المواد الخام هي مصدر ذرات الهيدروجين اللازمة لتثبيت نتروجين الهواء وتكوين أسمدة مثل الأمونيا واليوريا و نترات الأمونيوم) .

كذلك يتطلب تصنيع ونقل واستخدام مبيدات الآفات والأسمدة بعض الطاقة. وبالمثل يتطلب ضخ ماء الري وتشغيل آلات الحرث والزراعة والحصاد قدرًا من الطاقة. المصدر الرئيسي للطاقة المستغلة في كل هذه الأغراض هو الوقود الحفري: الفحم وزيت البترول والغاز الطبيعي. كل هذه تمثل الأنماجية المخزونة لنظم بيئية كانت موجودة في عهود قديمة من تاريخ الأرض. لذلك فإن التقدير الواقعي لأنماجية الأراضي الزراعية لا بد أن يأخذ في الحسبان عدد الكيلو سعرات / م² / سنة من الطاقة المستمدة من الوقود (الضوء الحفري) المبذولة في هذه العملية.

تم حساب مثل هذه القيم. وقد أوضحت أنه في الولايات المتحدة هناك تزايد مستمر خلال سنوات هذا القرن في عدد سعرات الوقود اللازم لإنتاج سعر واحد من الغذاء الجاهز للأكل. هذه النسبة الآن هي ٩: ١ هذا يعني أنه لكل سعر يوضع أمامك على المائدة تم إنفاق ٩ سعرات لزراعة ومعالجة ونقل وتسويق وطهي الطعام الذي يحتوي على هذا السعر. وفي الواقع فإن الزراعة الحديثة هي عملية تحويل الوقود الحفري إلى غذاء. ومن الناحية الكمية لا يلعب ضوء الشمس إلا دور ضئيل.

يمكن تحقيق إنتاج زراعي كبير بدون إدخال كميات ضخمة من الطاقة الحفريّة. هناك قبيلة صغيرة في غينيا الجديدة هي قبيلة تسيماجا تمارس الزراعة المكثفة في أماكن أزيلت منها النباتات مؤقتًا في الغابة التي يعيشون فيها. المصدر الوحيد للطاقة (بخلاف ضوء الشمس) هو عضلاتهم ولا حاجة لمزيد من الطاقة في صورة سباد وذلك لأنه يتم تسميد التربة بواسطة الرماد الناتج من حرق الكساء النباتي الذي يقطعونه (الشكل ٣٧-٤). وكلما نضجت المحاصيل فإن الكساء النباتي يعاود النمو مرة أخرى ببطء إلى أن يهجر الناس هذا الحقل لتعاود الغابة النمو فيه مرة أخرى بعد عام إلى عامين على ذلك فإن زراعة المحاصيل لا تستمر لفترة طويلة تؤدي إلى إستنزاف خصوبة التربة.

يمكن حساب السعرات المطلوبة لإزالة الأشجار من كل بقعة والتخلص من الحشائش وحي المحصول. كذلك يمكن بسهولة حساب محتوى المحصول من السعرات وقد تبين أن النسبة بينها أفضل من ١٦ : ١ بعبارة أخرى، بينما تنفق الزراعة في الولايات المتحدة تسع سعرات لتكسب سعرا واحدا من الغذاء فإن زراعة التسيماجا تنتج ١٦ سعر غذائي لكل سعر يبذله الإنسان كما أن زراعة التسيماجا تحقق كفاءة عالية إذا قيسَت بكمية المحصول في القدان. فمتوسط محصول الأجزاء التي

الشكل ٣٧-٣. صافي الإنتاجية لبعض النظم البيئية والأصطناعية. هذه القيم تقريبية فقط وقد تتعرض لتغيرات كبيرة بسبب التباين في درجة الحرارة، الخصوبة ووفرة الماء.

صافي إنتاجية بعض النظم البيئية	كيلو سعر / م / سنة
غابات نفضية معتدلة	٥٠٠٠
غابات أمطار إستوائية	١٥٠٠٠
براري من التيجليات الطويلة	٢٠٠٠
صحاري	٥٠٠
مستنقع ساحلي	١٢٠٠٠
المحيط (بالقرب من الشاطئ)	٢٥٠٠
المحيط بعيداً عن الشاطئ	٨٠٠
بحيرة صافية (قليلة النشاط الغذائي)	٨٠٠
بحيرة في مرحلة متقدمة من النشاط الغذائي	٢٤٠٠
ينابيع سيلفر، فلوريدا	٨٨٠٠
حقول من البرسيم (نبات بقولي)	١٥٠٠٠
حقول من اللوز، بالولايات المتحدة	٤٥٠٠
حقول الأرز، باليابان	٥٥٠٠
أحد المروج في واشنطن، دي. سي	٦٨٠٠
حقول من قصب السكر في هاواي	٢٥٠٠٠

تؤكل هو ٢٣٠٠ كيلوسعر / م^٢ وهو ما يعادل أو يزيد عن محصول الأجزاء التي تؤكل من القمح والذرة التي تزرع في الولايات المتحدة. إذن لماذا لا تعود الدول المتقدمة إلى زراعة المحاصيل بطريقة التسميباجا؟ لأننا لانرغب أو لا نستطيع أن نستثمر الجهد البشري كما يستثمروه. أقل من ٥٪ من تعداد الولايات المتحدة يزرع الغذاء لبقية السكان بينما كل فرد من التسميباجا مزارع.

FOOD CHAINS

٣٧-٣. السلاسل الغذائية

ماذا يحدث للإنتاجية الصافية لتجمع نباتي؟ البعض تحصد حيوانات آكلة للنباتات هي آكلة العشب herbivores. هذه ليست فقط حيوانات مثل الغزال والماشية ولكن هناك آكلات عشب أخرى صغيرة مثل الحشرات. بعض الإنتاجية الصافية تستهلكه



الشكل ٤-٣٧. أحد أفراد التسمباجا يقوم بتجهيز موقع لحديقة في غابات غينيا الجديدة. حرق المخلفات الناتجة عن إزالة النباتات من الموقع يطلق المواد المعدنية التي سوف تستعملها المحاصيل المزروعة. جلوع العديد من الأشجار تترك حية وهي سوف تستغل في تدهيم محاصيل معينة. وبعد فلكسك سوف تعيد موقع الحديقة إلى غابة مرة أخرى. (بتصريح من الدكتور أ. رابا بورت).

كائنات التحلل، وهي الفطريات والبكتيريا أساسا. في بعض التجمعات النباتية يتم تخزين جزء من الانتاج. في بعض المستنقعات مثلا يهرب الكثير من الانتاج من التحلل ويتراكم على هيئة دويال وقد أدت التراكمات في الماضي إلى تكوين الفحم.

في غابة كاملة النضج تزيد الكمية الأجمالية من المادة العضوية سنويا كلما زادت النباتات المعمرة الخشبية في الحجم. وهذا أيضا يمثل تخزين. وعندما يكتمل نضج الغابة يتساوي الفقد في المادة العضوية بالموت والتحلل والفقد بالرعي مع صافي الانتاجية. عند هذه النقطة لا يكون هناك زيادة في الكمية الحيوية من سنة إلى أخرى. يستعمل مصطلح الكمية الحيوية biomass (أو المحصول القائم standing crop) للتعبير عن اجمالي المادة العضوية الموجودة في نظام بيئي.

عندما يؤكل بعض المحصول القائم في تجمع نباتي تنتقل الطاقة إلى كائن شاذ التغذية يعتمد عليها لبقائه على قيد الحياة. فالنطاط على سبيل المثال، ينمو ويقوم بكل نشاطاته الحيوية بفضل الطاقة المختزنة في النبات الذي يأكله. آكلات العشب بدورها تكون غذاء للحوانات آكلة اللحوم carnivores فالنطاط تأكله الضفادع وتستمر

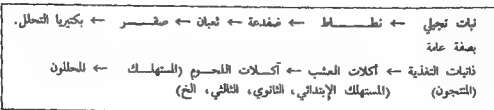
عملية انتقال الطاقة من مخلوق إلى مخلوق. الضفدع قد يأكله ثعبان أسود وهذا بدوره يأكله الصقر.

مثل هذا المسار لاستهلاك الغذاء يسمى سلسلة غذائية food chain كل السلاسل الغذائية تبدأ بكائن ذاتي التغذية أي كائن يقوم بالبناء الضوئي مثل نبات أخضر. هذه الكائنات تسمى المنتجون producers لأنهم هم فقط الذين يمكنهم تصنيع الغذاء من مواد أولية غير عضوية. أي كائن مثل بقرة أو النطاط، يتغذى على النبات مباشرة فهو آكل العشب أو المستهلك الابتدائي primary consumer (الشكل ٣٧-٥). آكلات اللحوم مثل الضفدع، التي تتغذى على آكلات العشب تسمى بالمستهلك الثانوي secondary consumer. آكلات اللحوم، مثل الثعبان، التي تأكل المستهلك الثانوي هي المستهلك الثالثي tertiary consumer كل مستوى للأستهلاك في سلسلة غذائية يسمى مستوى غذائي trophic level.

عند محاولة تحديد من يأكل من في تجمع طبيعي فإن المرء سرعان ما يكتشف أن السلاسل الغذائية المختلفة تتداخل مع بعضها. أغلب الحيوانات يكون غذاؤها متباين وهي بدورها تكون غذاء لمخلوقات أخرى كثيرة تفرسها. وعلى ذلك فإن الطاقة الموجودة في الإنتاج الصافي للمنتجين تمر خلال شبكات غذائية food webs على قدر كبير من التعقيد (الشكل ٣٧-٦).

عند كل مستوى استهلاكي في سلسلة غذائية فإن بعض الإنتاج الصافي لهذا المستوى لا يستهلك بواسطة مستوى أعلى وإنما يتحلل بعد موت الكائنات بواسطة الأحياء الدقيقة المتخصصة في التحلل. وهذه في الغالب تكون من الفطريات وبعض البكتيريا التي توجد بأعداد كبيرة في التربة وحينها توجد مادة عضوية. وهي تستخلص

الشكل ٣٧-٥. مثال لسلسلة غذائية والمستويات الغذائية المثلة فيها.



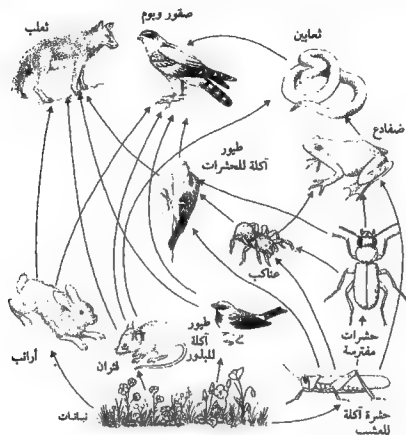
الطاقة المتبقية في المادة العضوية ومن ثم تطلق التواتج غير العضوية للتحلل (مثل ثاني أكسيد الكربون، الأمونيا) مرة أخرى في الجو. وبذلك يكون سريان الطاقة في المجال الحيوي في اتجاه واحد: من الشمس إلى المنتجين ثم إلى المستهلكين وأخيرا إلى كائنات التحلل. ومع ذلك فإنه لا بد من إعادة استخدام المواد التي تبني منها أجسام الكائنات الحية والتي تستطيع أن تحتزن طاقة الشمس إذ كان لهذا النظام أن يواصل عمله. أنه من خلال نشاط كائنات التحلل - التي تعمل عند كل مرحلة في السلاسل الغذائية يحدث الكثير من عملية إعادة الاستخدام. وسوف ندرس في الباب التاسع والثلاثين الأدوار الخاصة التي تلعبها كائنات التحلل في عمليات إعادة استخدام المادة.

٣٧-٤. سريان الطاقة خلال سلاسل الغذاء

ENERGY FLOW THROUGH FOOD CHAINS

ماهي كفاءة تحويل الإنتاج الصافي لأحد المستويات الغذائية بالنسبة للإنتاج الصافي للمستوي التالي؟ إنها بلاشك بعيدة عن ١٠٠٪ على الرغم من أنه في بعض الكائنات، مثل بعض سلاسل الدواجن المهجنة بعناية تكون النسبة المثوية للتحويل عالية جدا. فالدجاج اللحم يكسب نصف رطل من الوزن الحي لكل رطل من الغذاء يتناوله. (حيث أن المحتوى المائي للأثنين ليس واحدا فإن الكفاءة تكون بالفعل أقل من نسبة ٥٠٪ الظاهرية).

ليس من المحتمل أن يمكن التوصل إلى كفاءات تحويل أكبر كثيرا من ذلك لأن الكثير من الطاقة التي يستهلكها الكائن لا بد أن تستغل في إبقائه حيا ولا يمكن تخزينها كإنتاجية صافية. هذه الطاقة تنتقل بالتنفس الخلوي إلى طاقة في جزيئات ATP وبذلك تصبح متاحة لـ: (١) دفع النشاطات الأيضية التي تحول بعض جزيئات الغذاء المأكول إلى مزيد من الدجاج، (٢) تمكن الدجاج من الحركة والمحافظة على الأتزان البدني بها في ذلك المحافظة على حرارة الجسم. في الواقع، فإن الشكل النهائي للطاقة الناتجة من كل النشاطات الأيضية للدجاج هو الحرارة. ولا غرابة إذن في أن كفاءات التحويل العالية التي تحققها هذه الطيور تكون ممكنة فقط عند تربيتها في أماكن محددة نسبيا وعند درجات حرارة دافئة. كلما زاد النشاط الجسدي للكائن كلما قلت النسبة المثوية من غذائه التي تستخدم في النمو.

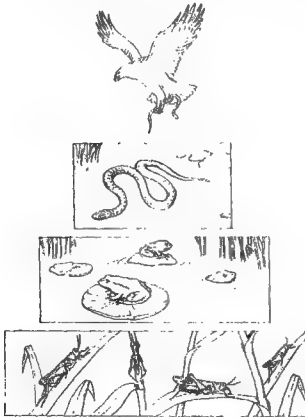


(بتصریح)۔

تمت محاولات قليلة لقياس سريان الطاقة في السلاسل الغذائية. واحدة من أكثر هذه المحاولات تعقيدا هي تلك التي قام بها هـ. ت. أودم على نظام بيئي لنهر وهو نينابيع سيلفر بولاية فلوريدا. وقد وجد أن الإنتاج الصافي للمتغذيين هو ٨٨٣٣ كيلو سعر/م^٢/سنة (الشكل ٣٧-٧). معظم هذه المادة (٥٤٦٥ كيلو سعر) أصبح مخلفات نباتية قامت المحللات بتحليلها أو حملت مع تيار الماء بعيدا عن النظام البيئي. استهلكت آكلات العشب ٣٣٦٨ كيلو سعر/م^٢/سنة. أكثر من نصف هذا الاستهلاك (١٨٩٠ كيلو سعر) فقد من خلال التنفس الخلوي بصفة أساسية. وعلى ذلك يكون صافي إنتاجية آكلات العشب هو ١٤٧٨ كيلو سعر/م^٢/سنة هذا يمثل ١٧٪ من صافي إنتاجية المتغذيين. مات بعض المستهلكين الابتدائيين وتحللت بقاياهم أو انتقلت مع التيار إلى أسفل النهر. لم يستهلك المستهلكون الثانويون سوى ٣٨٨ كيلو سعر/م^٢/سنة. منها ٣١٦ كيلو سعر في تنفسهم تاركين ٦٧ كيلو سعر

٢/٣ سنة فقط كضاي إنتاجية عند هذا المستوي الغذائي . مثل هذه الكفاءة التحويلية المنخفضة تميز آكلات اللحوم التي يكون لزاما عليها بذل نسبة كبيرة من طاقاتها في إقتفاء القرائس التي تستمد منها المزيد من الطاقة .

في نظام ينابيع سيلفر، تتراوح كفاءة نقل الطاقة من مستوي غذائي إلى المستوي الذي يليه من ١٧٪ إلى ٤,٥٪. ومن دراسات مماثلة على نظم بيئية أخرى يمكن أن نضع متوسط كفاءة النقل (أي الإنتاج الصافي عند أحد المستويات بالنسبة للإنتاج الصافي عند المستوي الذي يليه) بحوالي ١٠٪. ومهما كانت التباينات من حالة إلى حالة فإن هذا التقدير التقريبي له أهمية كبيرة. فهو يفسر مثلاً لماذا يكون رطل اللحم أغلٍ من رطل الذرة. فقد ذهبت عدة أرطال من الذرة في إنتاج رطل اللحم. أغلبنا يحصل على الطاقة في المرحلة الثالثة وقد استلزم إنتاجها فقد كمية هائلة من الطاقة وبالطبع يكون الموقف أسوأ بالنسبة لأكالات اللحوم التي تتغذى بأكالات لحوم أخرى (مثلاً عندما نأكل أسماك السلمون). وعلى ذلك فإن جزءاً كبيراً من طاقة الشمس (التي حبستها في الأصل كائنات ذاتية التغذية تقوم بالبناء الضوئي) يعود مرة أخرى إلى البيئة (على هيئة حرارة في النهاية) عند كل مرحلة في السلسلة الغذائية. يمكننا أن نستنتج إذن أن الكمية الكلية من الطاقة المخزنة في أجسام عشيرة ما تعتمد على مستواها الغذائي. الكمية الكلية من الطاقة الموجودة في الضفادع لابد بالضرورة أن تكون أقل



الشكل ٨-٣٧: أحد أمراء الطاقة. عند كل حلقة اتصال في السلسلة الغذائية يحدث اهدار للطاقة التي اختزنتها المنتجون الاصليون ذوى التغذية الذاتية. ماهي العلاقات الأخرى التي توجد في مثل هذه السلسلة الغذائية؟

بكثر من الكمية الكلية من الطاقة الموجودة في الحشرات التي تتغذى بها. والحشرات بدورها لا يوجد بها سوى جزء من الطاقة المخزونة في النباتات التي تتغذى بها هذه الحشرات. هذا النقص في الطاقة الكلية المتاحة عند كل مستوى غذائي أعلى يسمى أحيانا بهرم الطاقة pyramid of energy في السلسلة الغذائية التي ناقشناها تكون النجيليات ذاتية التغذية هي قاعدة الهرم بينما الصقر آكل اللحوم يمثل قمة هذا الهرم (الشكل ٣٧-٨). باستخدام نتائج أودم عن الإنتاجية الصافية للمستويات الغذائية المختلفة في بنابيع سيلفر نحصل على هرم الطاقة المئين في الشكل ٣٧-٩.

كيف يمكن قياس كمية الطاقة في عشيرة؟ يمكن حرق الكائنات وقياس كمية الحرارة المنبعثة بدقة. طريقة أقل ضررا هي ببساطة تقدير كتلة العشيرة. حيث أن كل الكائنات تتركب تقريبا من نفس الجزيئات العضوية فان قياس وزنها الجاف هو مقياس تقريبي لكمية الطاقة المخزونة فيها. حاصل ضرب تعداد العشيرة في متوسط وزن الفرد فيها يعطى الوزن الكلي للعشيرة. وهذا أيضا يتناقض مع زيادة البعد في السلسلة الغذائية عن الكائنات ذاتية التغذية، التي قامت بتكوين الجزيئات العضوية في المقام الأول. الوزن الكلي للضفادع في منطقة ما لابد بالضرورة أن يكون أقل من الوزن الكلي للحشرات التي تغذت الضفادع بها. الشكل ٣٧-١٠ (١) يوضح هرم الكتلة الأحيائية pyramid of biomass لبنابيع سيلفر.

في بعض النظم البيئية المائية قد يكون هرم الكتلة الأحيائية المكونة من المنتجين والمستهلكين الابتدائيين مقلوبا (الشكل ٣٧-١٠ ب). عند لحظة معينة، تكون كمية الطاقة المخزونة في عشاير المستهلكين الابتدائيين (أكلات عشب ضئيلة هائمة تسمى البلانكتون الحيواني zoo plankton) أكبر من تلك المخزونة في عشاير المنتجين (طحالب



الشكل ٣٧-٩: هرم الطاقة في بنابيع سيلفر بفلوريدا. الأرقام تمثل الإنتاج الصافي عند كل مستوى غذائي بالكيلوسر/م^٢/ سنة. (مبني على أسس بيانات حصل عليها هواردت. أودم).

يتابع سيلفر في فلوريدا

البلاكتون في بحيرة ماجيوري في إيطاليا



الشكل ١٠-٣٧: (أ) هرم الكتلة الأحيائية في يتابع سيلفر، فلوريدا. تمثل الأرقام الوزن الجاف للمادة العضوية (للتنمر المربع) عند وقت أخذ العينات (مبني على معلومات جمعها هوارت ت. أودم). (ب) هرم مقلوب الكتلة الأحيائية في بحيرة. الأرقام تمثل الوزن الجاف بالمليجرام من المادة العضوية (في متر مكعب من الماء) عند وقت أخذ عينات من عشائر البلاكتون النباتي (المتجوز) والبلاكتون الحيواني (المستهلكون الابتدائيون). المعدل الأعلى لنمو البلاكتون النباتي يمكنه من اعاشة كتلة أكبر من البلاكتون الحيواني. ولذلك فالبلاكتون النباتي يمتزج طاقة أكبر مما يمتزجها البلاكتون الحيواني عند أي مرحلة زمنية، ولا يكون هرم الطاقة هذين المستويين الغدائين مقلوبا (مبني على دراسة و. رافيرا).

هائمة تسمى البلاكتون النباتي (phytoplankton) تفسير هذا الانقلاب الغريب هو اختلاف معدلات نمو هذه العشائر عند المستويين الغذائيين. تنمو عشائر البلاكتون النباتي أسرع بكثير من عشائر البلاكتون الحيواني. لذلك فإنه على الرغم من أن الكتلة الأحيائية للبلاكتون النباتي تكون صغيرة عند أي لحظة فإنها كتلة أحيائية جديدة تتولد بسرعة عالية. وبنفس سرعة انتاجها فإنه يتم حصادها بواسطة الكتلة الأحيائية الأكبر والأبطأ للبلاكتون الحيواني. ومع ذلك، فخلال أي فترة زمنية فإن الطاقة التي يأسرها البلاكتون النباتي تكون أكبر من تلك التي يكتسبها البلاكتون الحيواني. ولذلك يكون هرم الطاقة لهذا النظام البيئي غير مقلوب.

نتيجة أخرى للمبادئ البيئية التي كنا نناقشها هي أن الحيوانات الصغيرة أكثر عددا من الحيوانات الكبيرة. الشكل ١٢-٣٧ يبين هرم الأعداد pyramid of numbers الناتج من تعداد عشائر الكائنات ذاتية التغذية، وآكلات العشب، ومستويين غذائيين من آكلات اللحم في فدان من المراعى. ينشأ الهرم أساسا من حقيقة أن الكتلة

عدد الأفراد		
آكلوا اللحم (أكبر)	٣	المستهلكون الثالثيون
آكلوا اللحم (أكبر)	٣٥٤,٩٠٤	المستهلكون الثانويون
آكلو المشب (صغار)	٧٠٨٦٢٤	المستهلكون الإبتدائيون
ذاتيو التغذية	٥٨٤٢٤٢٤١	المتجون

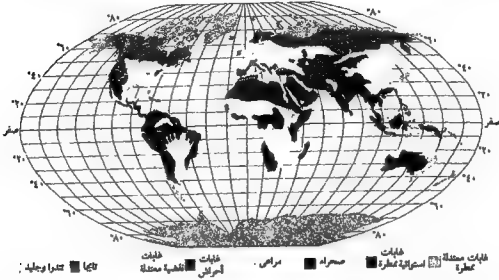
الشكل ٣٧-١١ : هرم الأعداد في فدان من التجيل الأزرق. عند كل مستوي غذائي لابد من اختزال عدد أفراد العشيرة بشدة إذا كان كل فرد أضخم من أولئك اللذين يتغذى بهم وذلك بسبب الخسائر الى المستوي الذي يليه. (أعيد رسمه بتصريح من إي. بي. أودم أسس علم البيئة الطבע الثانية، ١٩٥٩، مبني على معلومات جمعها ايفانز، كين والكوت).

الاحيائية لكل نوع تكون محددة بمستواه الغذائي. فاذا كان حجم الأفراد صغيرا كان عددهم كبيرا والعكس بالعكس. عادة تكون الحيوانات المفترسة أكبر من فرائسها ولكن نظرا لوجودهم عند مستوي غذائي أعلى، فانه لابد أن تكون كتلتهم الحيوية أقل. وبالتالي يكون عدد الأفراد في عشيرة من الحيوانات المفترسة أقل بكثير من عدد الفرائس.

٣٧-٥. التكوينات الأحيائية

THE BIOMES

إذا كنت تسكن في بنسلفانيا وصافرت إلى شمال فرنسا فانك قد تدهش للاختلافات الثقافية التي تجدها هناك ولكنك ربما تشعر بأن المنظر العام يشبه موطنك إلى حد كبير وعالم النبات سوف يدرك أن أنواع الأشجار والشجيرات في شمال فرنسا مختلفة عن تلك الموجودة في بنسلفانيا وإن كانت نوعية النباتات وطريقة نموها بصفة عامة متشابهة. أما الانتقال جنوبا إلى ساحل فرنسا المطل على البحر الأبيض المتوسط فانه له قصة أخرى. فهناك يكون للنباتات مظهر مختلف تماماً عما هو في بنسلفانيا (وهو مظهر يجعل ساكني جنوب كاليفورنيا يشعرون بأنهم في موطنهم تماماً). ليست النباتات فقط هي التي تكون مختلفة ولكن الحيوانات البرية في المنطقتين تختلف كذلك. مثل هذه التجمعات النباتية والحيوانية المميزة تسمى بالتكوينات الأحيائية biomes (الشكل ٣٧-١٢).



الشكل ٣٧-١٢ : التكوينات الأحيائية الرئيسية في العالم (عن ليفي عناصر علم الأحياء، ١٩٧٨ أديسون - ويزلي، ريدنيج وماس. - الشكل ٢٢-١، أهد رسمه بتصریح).

لا يمكن تحديد عدد أنواع التكوينات الأحيائية المختلفة على الأرض بدقة. وسبب ذلك ببساطة هو أنه لا توجد منطقة متجانسة تماماً من حيث الحياة النباتية والحيوانية. فان كنت ترغب في إبراز الاختلافات فانك تزيد عدد التكوينات الأحيائية. وان كنت من النوع الذي يتغاضى عن الاختلافات لصالح التشابهات فانك تختار العدد الأقل من التكوينات الأحيائية. وعموما يمكننا أن نعتبر أن أمريكا الشمالية بها سبعة تكوينات أحيائية.

يتفاعل عدد من المظاهر المناخية في إنشاء والمحافظة على التكوين الأحيائي. عندما يكون نزول المطر معتدل الغزارة (٤٠ بوصة أو أكثر في السنة) وموزعا بانتظام على مدار العام فان العامل المحدد الرئيسي يكون درجة الحرارة. ناقشنا سابقا في هذا الباب الآلية التي تؤدي إلى درجات حرارة منخفضة عند الارتفاعات المتزايدة. في الواقع أن متوسط درجات الحرارة ليس هو المهم ولكنها العوامل المحددة مثل (١) إن كانت تصل إلى درجة التجمد أو (٢) طول موسم النمو.

وعلى فرض أن المطر يكون كافياً فاننا نجد أربعة تكوينات أحيائية كلها المنجها من منطقة ذات متوسط درجة حرارة عالي (المناطق الاستوائية) إلى منطقة ذات متوسط درجة حرارة منخفض (المنطقة القطبية الشمالية).

THE TROPICAL RAIN FOREST

١ - الغابات الاستوائية الممطرة

في نصف الكرة الغربي، تصل الغابات الاستوائية الممطرة أكمل درجات نموها في أحراش أمريكا الوسطى والجنوبية. الأشجار تكون طويلة جدا وفيها وفرة عالية من الأنواع. نادرا ما يجرد المرء شجرتين من نفس النوع ناميتين بالقرب من بعضهما والكساء النباتي يكون من الكثافة بحيث لا يصل إلا القليل من الضوء إلى قاع الغابة. معظم النباتات تكون دائمة الخضرة وليست متساقطة الأوراق. أفرع الأشجار تكون مغطاة تماما بالمتسلقات vines والنباتات المعلقة epiphytes. والنباتات المعلقة تعيش مثبتة بنباتات أقوى منها، وعلى خلاف المتسلقات، لا تصل جذورها إلى التربة ولا تحصل على غذاء من عائلها. الكثير من الأوركيدات والبروميليات (أعضاء فصيلة الأناناس pine-apple) من المعلقة.

التنوع في الحيوانات كما في النباتات يكون هائلا في الغابات الاستوائية الممطرة. نسبة عالية من أنواع الحيوانات، ثدييات وزواحف وطيور، تعيش على أشجار الغابة.

أقرب شيء في الولايات المتحدة إلى التكوين الأحيائي للغابات الاستوائية الممطرة هي تلك الجزر المغطاة بالغابات والتي توجد متناثرة في منطقة أفرجليدز عند الطرف



الشكل ٣٧-١٣: التكوين الأحيائي لغابة استوائية ممطرة في بورتوريكو. وفرة من المتسلقات والنباتات المعلقة تميز هذا التكوين الأحيائي.



الشكل ٣٧-١٤ : الخريف في
غابة نفضية معتدلة. بولاية
مين (أخذ الصورة ديك
مورتون).

الجنوبي لفلوريدا (الشكل ٣٧-١٣). يعتمد وجودها على أن الحرارة لاتصل أبداً إلى درجة التجمد وعلى الحماية من الحرائق التي تندلع بصفة دورية في المنطقة. هذه الأجزاء من الغابات الممطرة شبة الاستوائية تبقى عمية في متزة إيفرجليدز الوطني.

٢ - الغابة النفضية المعتدلة THE TEMPERATE DECIDUOUS FOREST

التكوين الأحيائي من الغابات النفضية المعتدلة في أمريكا الشمالية يشغل النصف الشرقي من الولايات المتحدة. وهو يتميز بأشجار خشبية قوية (الزان beech الأسفندان maple البلوط oak الجوز hickory الخ) تساقط أوراقها في الخريف. عدد أنواع الأشجار المختلفة هنا أقل بكثير مما هو عليه في التكوين الأحيائي للغابات الاستوائية الممطرة ويمكن العثور على مساحات كبيرة بها نفس النوع من الأشجار. أما بالنسبة للحياة الحيوانية، فإن الغزلان deer والراكون racoon والسalamander تميز هذا التكوين الأحيائي (الشكل ٣٧-١٤).

٣ - التايغا THE TAIGA

كلما إنتقلنا شمالا نحو كندا تبدو صورة جديدة: تسود المخروطيات، خاصة السرو



الشكل ٣٧-١٥: التايغا، وهي التكوين الأحيائي الذي يسمى عند العامة السرو والموس والمنظر هنا من كولومبيا البريطانية (بصريح من د. بينامين دين، جامعة تفنس).

spruce و التنوب fir (الشكل ٣٧-١٥). هذه هي التايغا، والتي سميت باسم التكوين الأحيائي المماثل لها والموجود في الاتحاد السوفيتي. وهي أراضي تنتشر فيها البحيرات وتسكنها الدببة والقوارض (مثل السنجاب) والطيور وعجول الموس moose وهذه الأخيرة تميز هذه المناطق حتى ان البعض يسمى هذا التكوين الأحيائي بتكوين السرو والموس "spruce-moose". أثناء الشتاء البارد تدخل معظم الحيوانات في حالة البيات الشتوي بينما يهاجر أكثر الطيور إلى الجنوب.

THE TUNDRA

٤ - التندرا

إلى الشمال تزداد أشجار التايغا تقزما بسبب قوة المناخ شبة القطبي وفي النهاية لتكشف عن أراضي من المستنقعات والبحيرات وهي أراضي تكون من البرودة في الشتاء حتى إن النهار الطويل في الصيف القطبي لا يستطيع اسالة الجليد الدائم permafrost الذي تكون تحت الطبقة السطحية من التربة. في موسم النمو القصير يسود حزاز سفاجنم sphagnum ومجموعة متنوعة من الأشن وبعض النجيليات وبعض الحوليات سريعة النمو (الشكل ٣٧ - ١٦) تتغذى الرنة caribou على هذا النمو وكذلك تفعل



الشكل ٣٧-١٦: الخريف في التندرا الموجودة في متزة ماكنيل بالاسكا. يرى في الخلف سلاسل جبال الاسكا (و. روث/ بروس كولمان المحدودة).

أعداد هائلة من الحشرات. في الصيف تغزو الطيور المهاجرة، وخاصة الطيور المائية، التندرا لرعاية صغارها وتغذيتها على الحشرات وأنواع عديدة من اللافقاريات والفقاريات المائية. وكلما اقترب الصيف القطبي من نهايته تطير الطيور نحو الجنوب ويستعد أغلب السكان المقيمين لقضاء الشتاء في حالة كمون بطريقة أو بأخرى.

هناك وسيلة أخرى لزيادة التكوينات الأحيائية المختلفة بدون قطع مئات الأميال. فدرجة الحرارة هي المؤثر الرئيسي في استقرار هذه التكوينات الأحيائية الأربعة، وكما رأينا فإن درجة الحرارة تختلف باختلاف الارتفاع وكذلك باختلاف خطوط العرض. الرحلة إلى قمة جبل واشنطن بولاية نيوهامبشير سوف تمكنك من العبور من غابة معتدلة نفضية ذات أشجار خشبية قوية في الوادي إلى منطقة يسودها السروثم منطقة البية alpine تسودها الأشن والحزازيات بالقرب من القمة. وبينما لا تكون الخصائص الطبيعية والأحيائية لهذه المناطق مطابقة للتكوينات الأحيائية الناجمة عن خطوط العرض فإن هناك أوجه تشابه كثيرة بينها (الشكل ٣٧-١٧). وكقاعدة عامة، فإن صعود

تدورا |



الشكل ٣٧-١٧: لا تتغير التكوينات الأحيائية مع خطوط العرض فقط (في اليمين) ولكن مع الارتفاع كذلك (في الشمال).

١٠٠٠ قدم يعادل تقريبا رحلة نحو الشمال طولها حوالي ٦٠٠ ميل من حيث التغير في الغلورة والقونا.

يوجد في أمريكا الشمالية ثلاثة تكوينات أحيائية رئيسية أخرى هي المراعي (أو البراري أو السهول) والصحراء والأدغال. العامل المنظم في هذه التكوينات الثلاثة ليس درجة الحرارة بقدر ما هو كمية وتوزيع الأمطار. الرياح التي تهب من المحيط الهادي على الجانب الغربي تأتي عملة بالرطوبة وفي كل مرة يرتفع هذ الهواء على السفوح الغربية لسلاسل الجبال الساحلية وجبال سيرا وجبال الكاسكادز وأخيرا جبال روكي بهذا التتابع فانه يتمدد ويبرد وتكثف الرطوبة به إلى مطر ينهمر على سفوح الجبال. وحينها يصل الهواء إلى السفوح الشرقية يكون قد جف نسبيا ولا يهطل الا القليل من المطر. كم ومتى يسقط من المطر هو الذي يحدد ان كان التكوين الأحيائي في هذه المناطق من المراعي أو من الصحراء أو من الأدغال.

GRASSLANDS

٥ - المراعي

يبلغ متوسط المطر السنوي في المراعي حوالي ٢٠ بوصة في السنة. وتسقط نسبة كبيرة من هذا المطر في موسم النمو وهذا يشجع نمو قوى من النجيليات (الشكل ٣٧-١٨) ولكن باستثناء وديان الأنهار لا يكون كافيا لنمو الغابات. والعامل الذي ربما رجح كفة الميزان من الغابات إلى النجيليات هو الحرائق. هناك دليل قوي على أن الحرائق - التي

الشكل ١٨-٣٧: التكوين
الاحيائي للمراعى . معظم
المراعى في أواسط الولايات
المتحدة تحولت الى اتساج
المحاصيل . هذه البرارى في
داكوتا الجنوبية محمية من قبل
الحكومة الفيدرالية كجزء من
التراث القومى .



يشعلها البرق و الإنسان - أتت على السهول بطريقة منتظمة في الماضي . وبفضل السوق
والبراعم تحت الأرضية لم تتأثر النجيليات بالحرائق التي تدمر معظم الشجيرات
والأشجار .

وفرة النجيليات وملاءمتها كعلف بالإضافة إلى الافتقار إلى ملجأ من الحيوانات
المفترسة جعل العشائر الحيوانية في المراعى متشابهة في كل أجزاء العالم . الفقاريات
السائدة هي من ذوات الحافر ungulates وسريعة الحركة . وفي الولايات المتحدة كان
البيسون bison والطبي antelope من السكان البارزين في مناطق المراعى قبل مجيء
السكان البيض . أما الآن فإن أراضي المراعى المستوية تمد الأمة بوفرة من الذرة والقمح
والحبوب الأخرى بينما المساحات ذوات التلال فتأوى ذوات الحافر المستأنسة مثل الأبقار
والأغنام .

THE DESERT

٦ - الصحراء

يقل المطر السنوي في الصحراء عن ١٠ بوصات في السنة وقد يصل إلى الصفر في
بعض السنين . ويسبب الجفاف الشديد للصحراء فان الحياة فيها تكون مقصورة على
(١) نباتات مثل الصباريات cacti وفرشاء الحكيم sagebrush و المسكيت mes-
quite والتي يحدث بها عدد من التحورات تجعلها تحتفظ بالماء لفترات طويلة (الشكل
١٩-٣٧) و (ب) نباتات حولية سريعة النمو تستطيع بذورها أن تنبت وتصل إلى مرحلة
البلوغ فتزهو وتنتج محصول جديد من البذور في غضون أسابيع قليلة تلى الأمطار



الشكل ٣٧-١٩: التكوين
الأحيائي الصحراوي في
محمية أنزا- بوريغو بجنوب
كاليفورنيا.

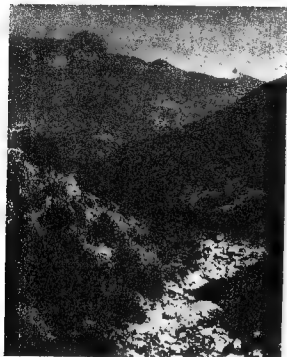
الغزيرة النادرة. معظم حيوانات الصحراء (ثدييات، السحالي والثعابين، الحشرات وحتى بعض الطيور) تتأقلم مع الحياة في الجحور للهرب من الحرارة المحرقة لشمس الصحراء والكثير منهم يقتصر على ساعات الليل فقط للخروج سعيا وراء الغذاء.

CHAPARREL

٧ - الأدغال

قد يصل المطر السنوي في التكوين الأحيائي للأدغال إلى حوالي ٢٠ أو ٣٠ بوصة ولكن يسقط كله تقريبا في الشتاء. الصيف جاف جدا حينما تكون كل النباتات - الأشجار والشجيرات والأعشاب في حالة كمون. هذا التكوين الأحيائي يوجد في كاليفورنيا. تكوينات أحيائية مماثلة (و ذات أسماء أخرى، مثل التكوين الأحيائي منخفض الأشجار scrub biome) توجد حول معظم سواحل البحر الأبيض المتوسط وعلى طول الساحل الجنوبي لأستراليا. أشجار الأدغال معظمها من البلوط سواء دائم الخضرة أو متساقط الأوراق. أشجار البلوط وشجيرات مثل المانزانيتا manzonita وليلاك كاليفورنيا (وهو ليس من أقارب الليلاك الشرقي) تكون أدغال كثيفة دائمة الخضرة (الشكل ٣٧-٢٠). كل هذه النباتات متأقلمة مع الجفاف بها لديها من أغطية شمعية كثيفة وغير منفذة للماء على أوراقها.

توجد في الأدغال نباتات كثيرة وافدة من تكوينات أحيائية مشابهة في أماكن أخرى. فالأعشاب والزيتون والتين تزدهر في الأدغال تماما كما تزدهر في موطنها بالتكوين الأحيائي



الشكل ٣٧-٢٠: سفوح التلال
المكسوة بالأدغال في سيرا نيغادا
بولاية كاليفورنيا.

لخوض البحر الأبيض المتوسط . كذلك تزدهر أنواع الكافور eucalyptus المنقولة من
التكوين الأحيائي المماثل في استراليا.

FIRE

٣٧-٦. الحريق

نحن نفكر في الحريق فقط من حيث آثاره الضارة على التكوينات الأحيائية ونبذل
قصارى جهدنا لمنع حدوثه . ولكن هناك دليل متزايد على أن الحريق يلعب دورا هاما
في المحافظة على بعض التكوينات الأحيائية (أو أجزاء من تكوينات أحيائية).
فالتكوين الأحيائي للمراعي ربا يتطلب حرائق دورية للمحافظة عليه مالم يحل الرعي
الجائر أو القص محلها . بعض أجزاء التكوين الأحيائي للغابات النفضية المعتدلة توجد
بسبب الحريق . غابات الصنوبر في سواحل المنطقة الجنوبية الشرقية مثال لذلك فهذه
الصنوبريات لا يحطمها الحريق بل إنها تعتمد على الحريق في بقائها فإذا امتنعت الحرائق
فان الأشجار النفضية صلبة الخشب تنمو تحتها وفي النهاية تحل محلها . وقد تسرع
الفطريات من عملية الانتقال هذه حيث تزدهر في البقايا غير المحترقة على قاع
الغابة ثم تنتقل لتصيب الصنوبريات نفسها . كذلك يبدو أن غابات صنوبر البونديروا
ponderosa pine والخشب الأحمر red wood في الجبال الغربية تعتمد على الحرائق

في الحد من انتشار الأشجار صلبة الخشب المنافسة لها.

تدين منطقة إيفرجلينز بولاية فلوريدا وكل التكوين الأحيائي للأدغال في وجودها وبقائها للحريق. فكل نباتات الأدغال متحورة بالنسبة للحريق ويعد أن تحترق، ينبثق منها نمو جديد بسرعة (الشكل ٣٧-٢١) يمكنه أن يغذى عشائر من آكلات اللحم (مثل الغزلان) أكثر من ذي قبل. يشير تحليل الحلقات في الأشجار إلى أن الحرائق اجتاحت الأدغال كل بضع سنين في أزمنة ما قبل التاريخ.

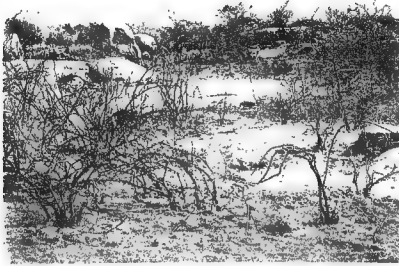
يكمن السبب الرئيسي وراء بغضنا لحرائق الغابات فيما تسببه من دمار هائل ولكن هذا الدمار يحدث فقط في حرائق «التاج» أي عندما يشب الحريق في قمم الأشجار. فبرعان مايتم تعويض الكساء النباتي الذي يحطمه الحريق عند قاع الغابة كما رأينا. ولكن المفارقة تكمن في أنه مع إستبعاد الحرائق تتراكم المواد النباتية بالقرب من قاع الغابة بكميات ضخمة للدرجة أنه عندما يندلع الحريق ترتفع الحرارة بشدة ولا يلبث أن يتحول إلى حريق تاجي يحطم كل شيء في طريقة. ومن ناحية أخرى فإن الحرائق الأرضية الدورية تحفظ كمية الوقود قليلة. تمتليء نباتات الأدغال الجافة بالشموع والراتنجات وتحترق بشدة فظيعة ويكاد لا يمر عام بدون حرائق مدمرة في كاليفورنيا. وربما أنقذ اللجوء المنظم إلى الحرائق منازل وزاد من إنتاجية النظام البيئي أكثر مما تفعله المحاولات الحالية لتجنب حرائق الأدغال.

عندما نستبعد الحرائق من نظام بيئي كانت كثرة الأندلاع فيه فإن المجتمع النباتي تحدث به عدة تغيرات. التغيرات التي حدثت في غابات الساحل الجنوبي الشرقي التي ذكرناها من قبل مثال لذلك. أي تغيرات طويلة الأمد من هذا النوع تسمى بالتعاقب النباتي.

PLANT SUCCESSION

٧-٣٧. التعاقب النباتي

الكثير من المجتمعات النباتية لا تستطيع أن تتكفل بنفسها. الحقل في التكوين النباتي لغابة نفضية معتدلة سيظل حقلا ما بقي الرعى أو القص فيه. فإذا توقفت هذه النشاطات فإن أنواع أخرى من النباتات تأخذ مكان النجيليات. الغاء أحد العوامل البيئية مثل القص أو الحرائق يرجع كفة الميزان لصالح أنواع أخرى وقد ييذر القادمون



الشكل ٣٧-٢١: الأدغال في جنوب كاليفورنيا في فصل الربيع بعد أن اجتاحتها الحرائق في الحريف السابق. الكثير من الشجيرات بدأت في إنتاج أغصان جديدة بالقرب من سطح الأرض.

الجلدد بذور إنقراضهم بسبب نموهم المتزايد. فمثلا أشجار البتولا الرمادية gray birch تنمو جيدا في الأماكن المشمسة فقط والظلال الناجمة عن ذلك تمنع نمو أشجار البتولا الرمادية الجديدة تحتها ولكنها تسمح لبادرات الصنوبر الأبيض بالاستقرار وعندما تنضج أشجار الصنوبر الأبيض فانها تظلل المكان بحيث تصبح أشجار البتولا الرمادية غير قادرة على الاستمرار في هذا المكان. والعشيرة من النباتات تغير بنموها الظروف البيئية بطريقة لا تكون ملائمة لعشيرة غيرها من النباتات.

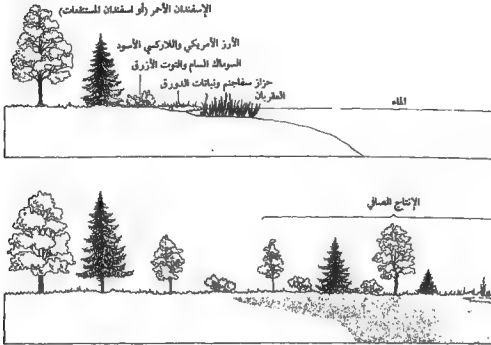
تبدأ عملية تعاقب النباتات بمجرد أن تتكون مساحة من الأرض صالحة للحياة النباتية. فتعرية الصخور عن طريق تراجع أحد المثالج وتكوين الشواطئ عند حواف المحيطات والبحيرات والأمتلاء التدريجي للبرك كلها تخلق أراضي جديدة يمكن أن تحتلها النباتات. دعنا نلقي نظرة على تعاقب النباتات على الصخور العارية في الأجزاء الأكثر برودة في التكوين الأحيائي لغابة نفضية معتدلة.

المستعمرون الأوائل هم الأشن وحزازيات قائمة معينة. تهاجم الأحماض التي تفرزها الأشن الصخور وتنشأ قطع من التربة. وقد تتكون دقائق اضافية من التربة بفعل عوامل التعرية أو تنزوها الرياح من أماكن أخرى إلى هذه الصخور وتستقر في

شقوقها. تدمير وتحلل الأشن يؤدي الى تكوين بعض الدويال humus وسرعان ما يكون هناك ما يكفي من التربة في الشقوق لاستقرار حزازيات قائمة أخرى وهذه تنتج نمو جديد في كل فصل أما النمو القديم فيتحلل وسرعان ما يكون كميات اضافية من الدويال. ولا يلبث أن تكون هناك تربة كافية لنموا لتجيليات وفيها بعد لنمو شجيرات قصيرة مثل التوت الأزرق blueberries. هذه بدورها تبهي ظروف نمو ممتازة لبذور نباتات محبة للشمس وسريعة النمو مثل البتولا الرمادية وأشجار الحور (الحور الرجراج quaking aspen) وكما لاحظنا من قبل فإن أشجار الصنوبر الأبيض لا تلبث أن تحل محل هذه الأنواع قصيرة العمر. وفي ظلال الصنوبر الأبيض تزدهر بادرات الأسفندان والزنان التي تتحمل الظل. وفي النهاية تستولي هذه الأشجار الضخمة على المكان ويكون التعاقب قد وصل إلى نهايته. تستطيع بادرات الأسفندان والزنان أن تنمو في الظروف التي فرضها أبائهما وتصبح العشرة قادرة على التكفل بنفسها. هذه تسمى غابة الذروة climax forest.

تحدث عملية مماثلة عندما تأخذ بركة في الامتلاء التدريجي بتربة منقولة من الأراضي المحيطة بها وبالمواد العضوية التي تنتجها النباتات المغمورة. وكلما سرنا من حافة بركة سيئة الصرف نحو الغابة فإننا نمربسلسلة من المناطق التي تعيد في المكان ما حدث من تعاقب نباتي في الزمان (الشكل ٣٧-٢٢) من العقربان loosestrife ورأس السهم pitcher arrowhead (Sagittaria) عند حافة الماء مروراً بحزاز سفاجنم ونباتات الدورق pitchers ثم شجيرات التوت الأزرق والسوماك poison sumac وما يتبعها من إسفندان المستنقعات swamp maples وأشجار الصنوبر الأبيض، يعبر الإنسان مناطق مركزية تمثل كل منها مرحلة متأخرة من التعاقب النباتي كلما ازدادت الأرض صلابة وجفافاً وكلما ازداد الظل كثافة.

يعترض قطع الأخشاب والرعي والزراعة والحرائق والأعاصير عملية التعاقب عن طريق إزالة النباتات السائدة في المجتمع النباتي. والغاء هذه العوامل يبهي المسرح لبداية تعاقب جديد. المزارع المهجورة العديدة في ولاية نيوانجلاند تشهد على ذلك. وكثيراً ما يتعجب الناس لماذا بنى الرواد الأوائل جدران صخرية في الغابات الكثيفة. والأجابة أنهم لم يفعلوا ذلك، فالجدران التي يراها المرء اليوم في الغابات كانت يوماً ما تضع حدود بين الحقول والمراعي ولكن عندما توقفت الزراعة والرعي بدأ تعاقب ثانوي



الشكل ٣٧-٢٢: التعاقب النباتي في مستنقع . ابتداء من سوق العقربان الناتجة من الماء يتكون غطاء نباتي متزايد الكثافة مع مرور السنين وتنقلص مساحة الماء . وحيثما يكون الماء تحت السطح يترجع المستنقع عند السير عليه . معدل التحلل في المستنقع منخفض بحيث يكون هناك مخزون صافي من الطاقة في هذا النظام اليومي من موسم الى آخر . يحدث ذلك من خلال زيادة في الكتلة الاحيائية وكذلك بترام الدوبال . ويمثل الدوبال المرحلة الأولى في تكوين الفعوم . في مجتمعات الذروة لا يكون هناك مكسب صافي من الطاقة من موسم لآخر .

secondary succession وقد ترك الكلاً الذي كان ينمو في الحقول والمراعي مكانه للمحشائش والشجيرات القصيرة وسرعان ما ازدهرت أشجار البتولا الرمادية والحور والأرز . وتبع ذلك نمو الصنوبر الأبيض أو البلوط في الأماكن الرملية جيدة الصرف . وإذا تركت وشأنها فأننا قد نرى يوماً ما غابات الذروة مرة أخرى وبها الأسفندان والزنان .

تختلف الأنواع في المراحل الأولى للتعاقب عند احتلال صخور عارية أو امتلاء بركة أو عند حدوث التعاقب الثانوي في الحقول المهجورة ولكن الأنواع التي توجد في المراحل النهائية وعند تكوين الذروة التي تتكفل بنفسها تكون دائماً واحدة . ويميل كل صور التعاقب النباتي إلى الوصول إلى نفس مجتمع الذروة يعرف بالتقارب convergence .

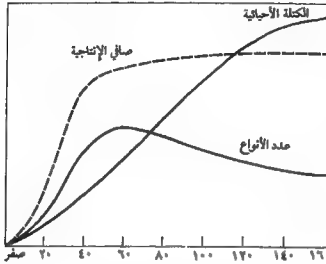
هناك نماذج قليلة موازية للتعاقب النباتي في العشائر الحيوانية . فقد يغير مجتمع

حيواني من ظروف البيئة بشدة لدرجة تصبح معها هذه الظروف غير مناسبة لهذا المجتمع ولكن ذلك ليس أمراً محتوماً. ومع ذلك فإن التعاقب الحيواني يحدث كنتيجة للتعاقب في العشائر النباتية. وكلما تحولت الحقول إلى غابات فإن أنواع الطيور والثدييات واللافقاريات تتغير كذلك.

وبصفة عامة، فإن عملية تعاقب النباتات هي انعكاس للكفاءة المتزايدة للمجتمع النباتي في اقتناض طاقة الشمس وتحويلها إلى طاقة كيميائية. وكلما تلت مرحلة من التعاقب مرحلة أخرى، كلما زادت الكتلة الأحيائية. هذا هو نتاج الكمية المتزايدة من الانتاجية السنوية الصافية، أي السرعات التي يخزنها المجتمع النباتي. وهذا بدوره يوفر السرعات اللازمة لمجتمع أكبر من المستهلكين. وكلما استمر التعاقب زاد تنوع الأنواع في المجتمع ولو إلى حين. وعندما يقترب النظام كله من الذروة يتناقص معدل الزيادة في الانتاجية الصافية حتى يتوقف عند مستوي ثابت (الشكل ٣٧-٢٣). في مجتمع الذروة يتم استهلاك كل الانتاجية الصافية للنباتات بواسطة مافيه من مستهلكين. ويصل النظام إلى حالة اتزان ويصل إلى قمة الكفاءة في ادخال طاقة الشمس إلى الشبكة الغذائية للمجتمع. كذلك تميل مجتمعات الذروة إلى الاحتفاظ بالمواد الغذائية غير العضوية بكفاءة أعلى مما في المراحل الأولى للتعاقب. ودورة هذه المواد الغذائية هي موضوع الباب التالي.

٣٧-٨. النظم البيئية في المياه العذبة FRESHWATER ECOSYSTEMS

الماء العذب على الأرض لا يزيد عن ٣٪ فقط. ومعظمه (حوالي ٩٩٪) إما متجمد في المشالج أو مدفون كمياء جوفية (أنظر الشكل ٣٥-١٣). أما الباقي فيوجد في البحيرات والبرك والأنهار والجداول حيث يكون بيئة صالحة لتجمعات أحيائية. البحيرات Lakes and ponds والبرك يكشف فحص بحيرة عميقة عن ثلاث مناطق لكل منها تجمع من الكائنات تميز لها. فشاطيء البحيرة يسمى المنطقة الساحية littoral zone هنا يصل الضوء إلى القاع والمتنجون هم نباتات مثبتة في القاع وكذلك طحالب عالقة بالنباتات وبكل جسم صلب آخر. وهناك مجموعة عريضة من المستهلكين تشتمل عادة على قشريات ضئيلة وديدان مفلطة ويرقات الحشرات وقواقع وكذلك بعض الحيوانات الكبيرة مثل الضفادع والأسماك والسلاحف.

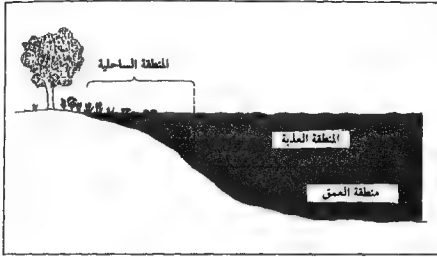


الشكل ٣٧-٢٣: التغيرات في عدد الأنواع، الكتلة الأحيائية وصافي الإنتاجية أثناء التعاقب الثانوي في غابة نفضية معتدلة (هن ر. هـ. ويتاكر، المجتمعات والنظم البيئية، ماكميلان، ١٩٧٠).

المنطقة العذبة limnetic zone (الشكل ٣٧-٢٤) هي طبقة المياه التي مازال الإنتاج الابتدائي يحدث فيها. كلما تعمق المرء في المنطقة العذبة كلما قلت كمية الضوء النافذ والمتاح للبناء الضوئي حتى يصل إلى العمق الذي يكون عنده معدل البناء الضوئي للمنتجين مساو لمعدل تنفسهم. عند هذا المستوى لا تكون هناك إنتاجية ابتدائية صافية. المنطقة العذبة تكون أكثر ضحالة في الماء العكر عنها في الماء الصافي وتقتل أحد المظاهر البارزة في البحيرات عنها في البرك. في المنطقة العذبة تسود الأحياء الدقيقة الهائمة المسماة بلانكتون plankton والحيوانات التي تسبح بنشاط وتسمى نكتون nekton. المنتجون في هذا النظام البيئي هم الطحالب البلانكتونية. أما المستهلكون الابتدائيون فهم القشريات المجهرية الهائمة (مثل الدافنيا *Daphnia* والسيكلوس *Cyclops* أنظر الشكل ٣٢-١٨) والدورات rotifers هذه هي البلانكتون الحيواني zoo plankton. يميل النكتون إلى يكون أن مستهلك ثانوي (أو أعلى) وهو يشتمل على حشرات سابحة وأسماك. وفي كثير من الحالات يتحرك النكتون بين المنطقة الساحية والمنطقة العذبة.

الكثير من البحيرات (ولكن القليل من البرك) يكون عميقا بحيث يصل ضوء غير كافي إلى الأعماق فيؤدي إلى إنتاجية ابتدائية صافية. هذه المنطقة تسمى منطقة العمق profundal zone (الشكل ٣٧-٢٤).

بسبب انعدام الإنتاجية الابتدائية الصافية فإن الحياة في منطقة العمق تعتمد على



الشكل ٣٧-٢٤ : المناطق الرئيسية الموجودة في بحيرة عميقة .

تساقط المادية العضوية من المنطقة الساحلية والمنطقة العذبة كمصدر للسعرات ولذلك تكون مأهولة بمستهلكين إبتدائيين يتغذون على هذه النفايات . ومعظم الكائنات تكون إما مثبتة في أوزاحفة على سطح الرواسب في قاع البحيرة . كلمة بنتوس benthos تستعمل لوصف أي كائنات تسكن القاع . أما الترسبيات التي تبطن منطقة العمق فانها تأوى عشائر ضخمة من البكتيريا والفطريات . هذه الكائنات تقوم بتحليل المادة العضوية التي تصل اليها فتطلق منها مواد غذائية غير عضوية يعاد استخدامها وعن طريق نشاط هذه الكائنات تعود آخر كمية من الطاقة التي تسرى في الشبكات الغذائية في البحيرة إلى البيئة .

في المناطق التي يكون فيها اختلاف واضح بين المواسم فان تدفئة سطح البحيرة في الصيف تمنع هذا الماء من الإختلاط مع المياه الأعمق منه وذلك بسبب أن الماء الدافئ يكون أقل كثافة من الماء البارد . ماء السطح يستطيع أن يكتسب أوكسجين مذاب ، بعضه من الهواء الذي يعلوه وكذلك ، لأنه موجود في المنطقة العذبة ، من الأوكسجين الناتج من البناء الضوئي . ولكن الماء في منطقة العمق يكون معزولا عن هذين المصدرين للأوكسجين ويكون راكدا . في الخريف عندما يبرد ماء السطح ويصبح أكثر كثافة فانه يهبط إلى العمق حاملا معه الأوكسجين وهذا يسمى الانقلاب الخريفي the fall overturn ظاهرة مماثلة ، وهي الانقلاب الربيعي spring overturn تحدث عندما

يذوب الجليد في الربيع. خصائص الماء التي تفسر هذه التغيرات موصوفة بالتفصيل في الباب التالي. (أنظر القسم ٣٥-٩).

RIVERS AND STREAMS

الأنهار والجداول

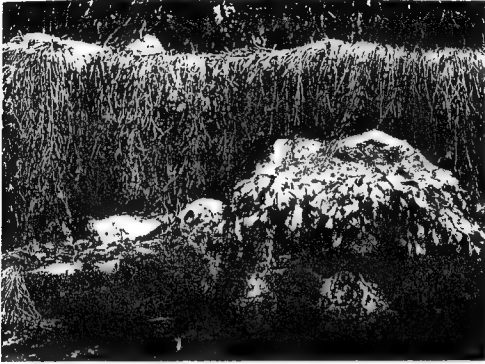
المواطن التي تهيؤها الأنهار والجداول تختلف من عدة نواحي عن تلك التي تهيؤها البحيرات والبرك. بسبب التيار فإن الماء يميل غالباً إلى إحتواء كميات أكبر من الأوكسجين. معظم الأنواع التي تعيش هنا، مثل الأسماك، تأقلمت مع هذه المستويات المرتفعة من الأوكسجين. فإذا حدث فيها نقص شديد - بسبب التلوث بمياه المجارى أو مواد عضوية أخرى مثلاً - فقد تحدث نسبة وفيات خطيرة في الأسماك. وعلى الرغم من وجود كائنات البناء الضوئي في الجداول فإنها تلعب دوراً أصغر في سلاسل الغذاء عما هو الحال في البحيرات والبرك. الجزء الأكبر من الطاقة المتاحة للمستهلكين يأتي من الأرض، على سبيل المثال من الأوراق المتساقطة (ارجع إلى الشكل ٣٧-٧).

MARINE ECOSYSTEMS

٣٧-٩. النظم البيئية البحرية

المحيطات، شأنها شأن البحيرات، يمكن وصفها على أساس مناطق وهناك أوجه تشابه كثيرة بينها (ولكن لسوء الحظ تستخدم الفاظ مختلفة لكل منها). حواف المحيطات تشكل منطقة المد intertidal هذه توجد على عدة صور: شواطئ رملية، صخور، مصبات أنهار وفي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية على هيئة مستنقعات مفاير الإنسان mangrove swamps وشعاب مرجانية. بعض هذه المواطن - مثل المستنقعات الساحلية - تكون عالية الإنتاجية (الشكل ٣٧-٣) وتدعم عشاير غنية ومتباينة من المتجبن والمستهلكين. الكثير من الكائنات في منطقة المد توجد فيها تحورات تمكنها من التغلب على التعرض للهواء بصورة دورية والقوة الهائلة للأمواج (الشكل ٣٧-٢٥).

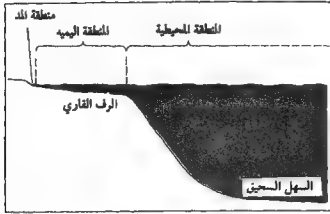
المنطقة الضحلة نسبياً من المحيط والتي تمتد حتى الرف القاري continental shelf تسمى المنطقة اليمية neritic zone. أما المنطقة المحيطية oceanic zone (الشكل ٣٧-٢٦) فهي توجد فوق أحواض المحيطات. الإنتاجية الابتدائية في المناطق اليمية والمحيطية تعتمد على الطخالب البلانكتونية التي تنمو في الأعماق التي يصل إليها



الشكل ٣٧-٢٥: الأعشاب البحرية في منطقة المد. النوعان من الطحالب البنية والنوع من الطحالب الحمراء (بالقرب من سطح الماء) التي تنمو هنا تستطيع تحمل قوة الأمواج والتعرض للهواء بصفة دورية.

الضوء. نشاطهم يمد البلانكتون الحيواني بالغذاء وهو بدوره يدعم المستهلكين الثانويين والأعلى منهم (مثل الأسماك) في النكتون. وعلى الرغم من تنوع الحياة فإن إنتاجية المحيط المفتوح لا تزيد إلا قليلا عن إنتاجية الصحراء. (الشكل ٣٧-٣)

قاع الأحواض المحيطية هو السهول السحيقة abyssal plains (الشكل ٣٧-٢٦). هذه المنطقة المظلمة قليلة أو عديمة التغير تسكنها عشائر متناثرة من المستهلكين والمحللين اللذين يعتمدون على ما يهبط اليهم من المادة العضوية من المناطق العليا من البحر. وقد أظهرت الاستكشافات الحديثة لأعماق البحر أن مجتمعات معقدة تعيش حول الشقوق rifts. هذه الشقوق توجد في قاع البحر (حيث تحدث ازاحة القارات continental drift انظر القسم ٣٧-٨) وعلى الرغم من عدم وصول الضوء إلى هذه الأعماق السحيقة فإنه يكون هناك إنتاجية ابتدائية. فالبكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية تقوم بتصنيع الغذاء باستخدام الطاقة المنطلقة من أكسدة الكبريت الموجود



الشكل ٣٧-٢٦. المناطق الرئيسية للمحيط.

في الماء المنبعث من الشقوق الموجودة في قاع المحيط هذه البكتيريا هي غذاء عشائر كبيرة من الحيوانات من أهمها الديدان (التي تنتسب إلى شعبة صغيرة تسمى الضبابيات Pogonophora) والتي لا يوجد بها جهاز هضمي. وبينما تمتص هذه الديدان بعض الجزيئات العضوية من الوسط المحيط بها فإنها أيضا تأوى أعداد هائلة من البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية في أنسجة خاصة داخل جسمها وتعمل هذه البكتيريا على إمدادها بالجزء الأكبر من السعرات اللازمة لها.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

كل الحياة على الأرض تبقى بالطاقة التي تصل إلى الأرض من الشمس وتقتنصها الكائنات ذاتية التغذية. النظام البيئي هو مجتمع من الكائنات المتفاعلة مع بعضها البعض ومع البيئة المحيطة بهم. تختلف النظم البيئية في إنتاجيتها أي في كمية الطاقة التي تحتجزها في المادة الحية.

الكائنات شاذة التغذية تحصل على الطاقة من الكائنات ذاتية التغذية أو، أبعد من ذلك، من كائنات شاذة التغذية أخرى. مرور الطاقة والمادة من كائن إلى كائن يشكل سلسلة غذائية وكل مرحلة في السلسلة الغذائية تمثل مستوي غذائي. وبالتقدير التقريبي فإن كل مستوي غذائي يستطيع أن يحول ١٠٪ من الإنتاجية الصافية للمستوي الذي يسبقه إلى إنتاجية صافية خاصة به.

تشغل المناطق اليابسة من كوكبنا مجتمعات نباتية وحيوانية متميزة تسمى التكوينات

الأحيائية. هذه تنشأ وتبقى بواسطة مناخ المنطقة. في داخل كل واحد من التكوينات الأحيائية الرئيسية على الأرض تكون هناك أقسام متميزة (مثل الأعشاب القصيرة في مقابل الأعشاب الطويلة أو البراري). هذه الأقسام تنشأ عن اختلافات محلية في المناخ والتضاريس ونوع التربة، الخ. في داخل كل من هذه الأقسام يوجد تباين كبير من المواطن الصغيرة (مثل جذع شجرة متحلل) يعيش في كل منها أنواع متميزة.

إنكشاف أرض عارية (مثلا عن طريق تراجع المثالج أو تكوين كتيب رملي) يؤدي إلى احتلال الرواد الأوائل من الكائنات ذاتية التغذية لها وبعد ذلك تأتي الكائنات شاذة التغذية. الرعيل الأول من النباتات يغير من ظروف الموقع حتى تصبح غير ملائمة له (كأن يصبح ظليلا أكثر من اللازم) وأكثر ملاءمة لأنواع أخرى من النباتات وهذا يؤدي إلى التعاقب وهو تتابع يمكن التنبؤ به من التغيرات في الأنواع السائدة. وفي النهاية يستقر مجتمع يستطيع أن يتكفل بنفسه وهذا هو مجتمع الذروة. وعلى الرغم من أن المراحل المبكرة للتعاقب قد تختلف من موقع إلى موقع (مثل امتلاء مستنقع في مقابل انكشاف سلسلة صخرية مغمورة) فانها تنتهي جميعا إلى نفس مجتمع الذروة وهي ظاهرة تسمى التقارب.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - أي مصادر الطاقة الآتية يعتمد في النهاية على طاقة ضوء الشمس (١) الخشب ، (ب) الفحم ، (ج) الزيت ، (د) الطاقة الهيدروكهربائية (هـ) الطاقة الذرية؟
- ٢ - إذا فرضنا أن موسم نمو يمتد إلى ١٠٠ يوم فما هو الجزء من الطاقة الساقطة على غابة نفضية معتدلة (١٠٠٠٠ كيلو سعر/م²/يوم) الذي يتحول إلى انتاجية صافية؟ (أنظر الشكل ٣٧-٣).
- ٣ - تم تقدير كمية الطاقة اللازمة لتغذية الفرد في الولايات المتحدة عام ١٩٦٣ بمقدار ثمانية ملايين كيلو سعر. فإذا افترضنا أن المتطلب اليومي هو ٣٠٠٠ كيلو سعر فما هي النسبة بين الطاقة المبذولة والطاقة المكتسبة؟ وما هي السبل التي أنفقت فيها الطاقة المبذولة؟
- ٤ - في السلسلة الغذائية الموضحة في الشكل ٣٧-٥ كم عدد الأمتار المربعة من

الكلاء اللازمة لتغذية صقر؟ افترض أن: (أ) للصقر احتياج يومي مقداره ٥٤٨ كيلو سعر، (ب) الانتاجية الصافية للكلاء هي ٢٠٠٠ كيلو سعر / م^٢ / السنة، (ج) كفاءة تحويل الطاقة من مستوي غذائي إلى المستوي الذي يليه هي ١٠٪ في كل الحالات.

٥ - تم تقدير الانتاج الاجمالي في غابة نفضية معتدلة فكان ١١٠٠٠ كيلو سعر / م^٢ / سنة وكانت الخسائر الاجمالية بسبب التنفس والتحلل لكل المستويات الغذائية هي ٨٨٧٥ كيلو سعر / م^٢ / سنة. ماهي كمية النمو (بالجرام / م^٢) التي كانت تحققها هذه الغابة كل سنة؟ هل كانت هذه غابة ذروة؟ اشرح.

REFERENCES

المراجع :

- 1 - KORMONDY, E. J., Concepts of Ecology. 2nd ed., Prentice-Hall Englewood Cliffs, N. J., 1976. A small text with excellent discussions of many of the topics surveyed in this chapter.
 - 2 - WOODWELL, G. M., "The Energy Cycle of the Biosphere. Scientific American. Offprint No. 1190, September, 1970.
 - 3 - GATES, D. M., "The Flow of Energy in the Biosphere, Scientific American. Offprint No. 664, September, 1971.
- References 2 and 3 describes the flow of energy through, and the net productivity of, a variety of ecosystems.
- 4 - KEMP, W. B., "The Flow of Energy in a Hunting Society," Scientific American. Offprint No. 665, September, 1971. Energy flow analysis applied to two Eskimo households.
 - 5 - RAPPAPORT, R. A., "The Flow of Energy in an Agricultural Society Scientific American. Offprint No. 666, September, 1971. The Silver Spring-type analysis applied to the Tsembaga of New Guinea.
- References 3-5 also appear in Energy and Power. Freeman, San Francisco, 1971. Available in paperback
- 6 - HORN, H. S., "Forest Succession," Scientific American, Offprint No. 1321, May, 1975.

- 7 - WOODWELL, G. M., "Toxic Substances and Ecological Cycles," Scientific American. Offprint No. 1066. March, 1967. shows how toxic materials such as radioactive fallout and pesticides are concentrated - sometimes to harmful levels - as they pass from one link in a food chain to another.
- 8 - WATTS, NAYT., Reading the Landscape of America, Macmillan, New York, 1975. A popular account of how the landscape reveals to the alert eye the forces in the physical and biotic environment that have affected it.
- 9 - WENT, F. W., "The Ecology of Desert Plants," Scientific American. Offprint No. 114, April, 1955.
- 10- COOPER, F. F., "The Ecology of Fire," Scientific American. Offprint No. 1099, April, 1961.
- 11- WOODWELL, G. M., "Effects of Pollution on the Structure and Physiology of Ecosystems," Science. Reprint No. 53 April 24, 1970.
- 12- DEEVEY, E. S., JR., "Bogs," Scientific American. Offprint No. 840, October, 1958. Describes the historical development of the bogs and the plant succession that occurs in them.
- 13- ODUM, E. P., "The Strategy of Ecosystem Development, Science, Reprint No. 42, April 18, 1969. The interrelations between energy flow, productivity, and the stage of succession.
- 14- RICHARDS, P. W., "The Tropical Rain Forest," Scientific American Offprint No. 1286, December, 1973.
- 15- GOSZ, J. R., R. T. HL. OLMES, G. E. LIKENS, and F. H. BORMANN, "The Flow of Energy in a Forest Ecosystem," Scientific American. Offprint No. 1384, March, 1978.
- 16- ISAACS, J. D., "The Nature of Oceanic Life," Scientific American. Offprint No. 884, September, 1969.

CHAPTER 38

الباب الثامن والثلاثون

دورات المادة في المجال الأحيائي

THE CYCLES OF MATTER IN THE BIOSPHERE

THE CARBON CYCLE	دورة الكربون . ١-٣٨
THE OXYGEN CYCLE	دورة الأوكسجين . ٢-٣٨
THE NITROGEN CYCLE	دورة النتروجين . ٣-٣٨
THE SULPHUR CYCLE	دورة الكبريت . ٤-٣٨
THE PHOSPHORUS CYCLE	دورة الفوسفور . ٥-٣٨
OTHER MINERAL REQUIREMENTS	متطلبات معدنية أخرى . ٦-٣٨
ANALYTICAL TECHNIQUES	الطرق التحليلية . ٧-٣٨
WATER AND THE BIOSPHERE	الماء والمجال الأحيائي . ٨-٣٨
THE PROPERTIES OF WATER	خواص الماء . ٩-٣٨
THE WATER CYCLE	دورة الماء . ١٠-٣٨
SOIL	التربة . ١١-٣٨
PROSPECTS FOR INCREASING	احتمالات زيادة الأراضي . ١٢-٣٨
THE WORLD'S CROPLAND	الزراعية في العالم
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب

EXERCISES AND PROBLEMS

REFERENCES

تمارين ومسائل

المراجع

الباب الثامن والثلاثون

دورات المادة في المجال الأحيائي

رأينا أن سريان الطاقة في المجال الحيوي يسير في اتجاه واحد. فالمجال الحيوي يعترض طريق الطاقة الصادرة عن الشمس وبعد مرورها بالتحويلات التي تحافظ على حياة الكائنات الحية فانها تعود إلى الفضاء الخارجي كحرارة. وعلى ذلك فانه ليست هناك دورة طاقة.

يعتمد استخدام الكائنات الحية للطاقة على تخزين الطاقة في روابط كيميائية واستخدام هذه الطاقة عندما تنكسر هذه الروابط ويعاد تشكيلها. تبنى المادة الحية من عدد محدود - ربما ٢٥ - من أنواع الذرات وبعض هذه الذرات متوفرة بكثرة في عالم الجهادات وبعضها نادر جدا (إرجع إلى الشكل ٣-٧). وفي كلتا الحالتين فقد استمرت الحياة على هذا الكوكب لمدة تزيد عن ثلاثة بلايين سنة بسبب وجود آليات لاستخدام هذه الذرات مرات ومرات. وعلى ذلك فان لذرات الحياة دورات، وسوف نركز اهتمامنا الآن على طبيعة بعض هذه الدورات.

THE CARBON CYCLE

٣٨-١. دورة الكربون

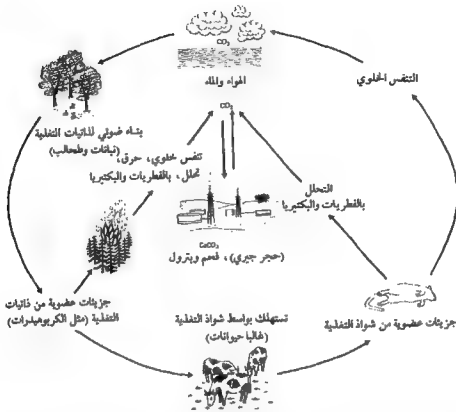
على الرغم من أن الكربون نادر جدا في قطاع الجهادات على الأرض فانه يمثل حوالي ١٨٪ من المادة الحية. قابلية ذرات الكربون لتكوين روابط مع بعضها تؤدي إلى التنوع الجزيئي والحجم الجزيئي اللذين لا توجد الحياة بدونهما.

خارج المادة الحية يوجد الكربون على صورة غاز ثاني أكسيد الكربون وصخور

الكربونات (الحجر الجيري، الشعاب). ان ذاتيات التغذية وخاصة النباتات الخضراء، هي التي تأخذ ثاني أكسيد الكربون وتخزله إلى مركبات عضوية: الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات وغيرها. المنتجون الأرضيون يحصلون على ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجوي أما المنتجون المائيون فيستخدمون ذلك الذائب (على هيئة بيكربونات، HCO_3^-) في الماء. في الباب السابق تتبعنا مسار الكربون المثبت خلال الشبكات الغذائية - التي تعتمد جميعها عليه ليس فقط في تركيبها ولكن أيضا كمصدر للطاقة.

عند كل مستوي غذائي في شبكة غذائية، يعود الكربون إلى الغلاف الجوي أو إلى الماء كنتيجة للتنفس. النباتات، وآكلوا اللحوم تنفس جميعا وتطلق ثاني أكسيد الكربون (الشكل ٣٨-١). لا يستهلك الكثير من المادة العضوية لكل مستوي غذائي بالمستوى الذي يعلوه ولكنه يمر بدلا من ذلك إلى المستوي النهائي وهو كائنات التحلل. يحدث ذلك كلما ماتت النباتات والحيوانات أو أجزاؤها (مثل الأوراق في الخريف). تقوم البكتيريا والفطريات بالوظيفة بالغة الأهمية وهي تحرير الكربون من الجثث والبقايا التي لم تعد تصلح كغذاء لمستويات غذائية أخرى. ومن خلال الأبيض فيهما ينطلق ثاني أكسيد الكربون وتكرر دورة الكربون مرة أخرى.

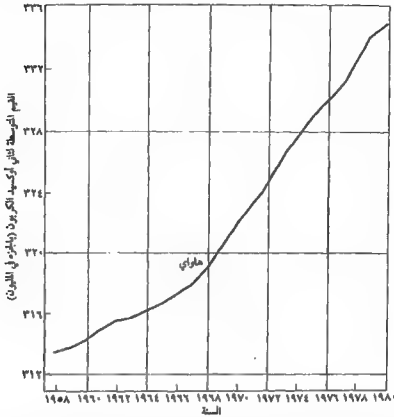
هل تكون عمليات أخذ وإطلاق ثاني أكسيد الكربون متوازنة؟ من الواضح أن الأجابة هي لا. فمحتوي الغلاف الجوي من ثاني أكسيد الكربون يتزايد بالتدريج (الشكل ٣٨-٢). ومن المعتقد أن هذا التزايد قد بدأ مع الثورة الصناعية. فعن طريق حرق كميات متزايدة باستمرار من الفحم والزيوت والغاز الطبيعي فاننا نعيد إلى الهواء كربون قد أغلق عليه في الأرض لملايين السنين. ومع ذلك فان الزيادة في ثاني أكسيد الكربون بالهواء ليست الا حوالي ثلث ما كان متوقعا من البيانات المعروفة عن استخدام الوقود الحفري. أين إختفت الكمية الباقية؟ ربما تم استهلاك بعضها بواسطة معدل أكبر من البناء الضوئي على مستوي العالم. وقد أوضح الدارسون الذين يربون نباتات لمحاصيل تحت ظروف محكمة ان الزيادة المعتدلة في وفرة ثاني أكسيد الكربون تزيد من البناء الضوئي. وعلى ذلك فان بعض ثاني أكسيد الكربون المنطلق من استخدامنا للوقود الحفري ربما يكون قد أدى إلى زيادة الإنتاجية الأبتدائية على مستوي العالم. مستودع آخر محتمل لأنشاجنا من ثاني أكسيد الكربون هو البحر. فثاني أكسيد



الشكل (١٠٣٨): دورة الكربون. الأحياء الدقيقة شائعة التفلدية التي تقوم بالتحلل تنتج ثاني أوكسيد الكربون عن طريق تنفس الجزئيات العضوية التي تحصل عليها من أجسام النباتات ومن أجسام والفراشات الحيوانات.

الكربون في الهواء يتبادل بسهولة مع ثاني أوكسيد الكربون الذائب في البحر. وثاني أوكسيد الكربون الذائب بدوره يكون في حالة اتزان مع رواسب الكربونات الموجودة في البحر. فإذا أضيف المزيد من ثاني أوكسيد الكربون إلى ماء البحر فإن الزيادة ترسب على هيئة كربونات كما في الشعاب المرجانية والحجر الجيري ($CaCO_3$) والعكس أيضا صحيح، فمع تحلل هذه الرواسب يمكن تعويض أي نقص في كمية ثاني أوكسيد الكربون الذائب. وعلى ذلك فإن هذه الرواسب المحيطية تشكل مستودع هائل للكربون وتساعد على حفظ التغيرات في تركيز ثاني أوكسيد الكربون الجوى عند أقل قيمة ممكنة.

على الرغم من هذه المستودعات لانتاجنا المتعاطم من ثاني أوكسيد الكربون، فقد زاد ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوى كثيرا في العقود الأخيرة. هل تمثل هذه



الشكل (٢-٣٨): الزيادة السنوية في تركيز ثاني أكسيد الكربون بالغلاف الجوي عند قمة جبل ماونا لوا في هاواي. القيم تمثل المتوسط السنوي بالجزء في المليون ولا توضح التقلبات التي تحدث أثناء السنة.

الزيادة تهديدا للأرض والحياة الموجودة عليها؟ عند هذه النقطة، فانتا ببساطة لانعرف. فثاني أكسيد الكربون شفاف بالنسبة للضوء ولكنه معتم بالنسبة للحرارة. ولذلك فان ثاني أكسيد الكربون في الجو يعطل اشعاع الحرارة من الأرض إلى الفضاء الخارجي. وقد تنبأ البعض بأن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سوف تزيد من سمك هذه البطانية الحرارية بحيث تصبح الأرض أكثر دفئا. وقد يؤدي ذلك المسمى بتأثير البيوت المحمية greenhouse effect إلى ذوبان الجليد عند القطبين. ويقدر الباحثون أنه إذا ذاب كل الجليد الموجود على الأرض فسوف يرتفع مستوى البحر بمقدار يتراوح بين ٧٥-١٥٠ متر وهو ما يكفي لأغراق معظم المدن الساحلية في العالم. وقبل الهروب إلى المرتفعات علينا أن نتذكر شيئين آخرين. الأول أن النشاطات البشرية ربما تكون قد زادت من انعكاس الضوء على الأرض. فهذه النشاطات التي تبعث بثاني

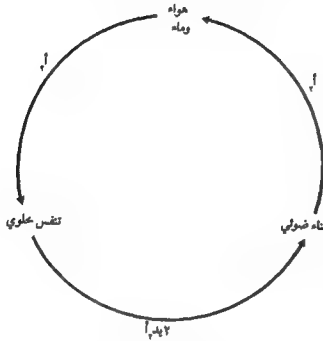
أوكسيد الكربون إلى الهواء تبعث أيضا بدقائق الغبار التي تعيق مرور الضوء خلال الغلاف الجوي . وعلى ذلك فإن تلوث الهواء ينقص من وصول الطاقة تماما كما ينقص من مفادتها . ومن غير المعروف ما إذا كانت هذه التأثيرات المتعكسة تعادل بعضها البعض . ومع ذلك فاليانينات عن الجو في خلال ربع القرن الماضي توضح أن درجات الحرارة على الأرض في تناقص . هناك دليل جيولوجي قوي على وجود تقلبات مناخية طوال تاريخ الأرض . وما زال السؤال بدون إجابة عما إذا كان التغير المناخي الحالي نتيجة للنشاطات البشرية أو لتغيرات طويلة الأمد ليس لنا أي هيمنة عليها .

THE OXYGEN CYCLE

٢-٣٨ . دورة الأوكسجين

يمثل الأوكسجين العنصري (O_2) ٢٠٪ من الغلاف الجوي للأرض . هذه الكمية تغطي كل الاحتياجات التنفسية للكائنات الأرضية وكذلك إحتياجات الكائنات المائية عندما يذوب في الماء . في عملية التنفس ، يعمل الأوكسجين عمل المستقبل النهائي للأليكترونات المنزوعة من ذرات الكربون الموجودة في الغذاء . الناتج هو الماء . تكتمل الدورة بالبناء الضوئي عند اقتناص الطاقة الضوئية ونزع الأليكترونات من ذرات الأوكسجين الموجودة في جزيئات الماء . هذه الأليكترونات تختزل ذرات الكربون (الموجودة في ثاني أوكسيد الكربون) إلى مواد كربوهيدراتية وتتصاعد الأوكسجين وتكون الدورة قد اكتملت (الشكل ٣-٣٨) .

ينطلق جزيء ثاني أوكسيد الكربون في مقابل كل جزيء أوكسجين يستخدم في التنفس وبالعكس ، فانه في مقابل كل جزيء ثاني أوكسيد الكربون يؤخذ بالبناء الضوئي ينطلق جزيء أوكسجين . دراسة المعادن التي تكونت في المراحل المبكرة جدا من تاريخ الأرض تشير إلى أنه في وقت من الأوقات لم يكن هناك أوكسجين في الغلاف الجوي للأرض . مع نشأة البناء الضوئي الذي يستخدم الماء ، ظهر الأوكسجين لأول مرة . وعلى فرض نشوء مجال حيوى ناضج مبكر وليس له صافي إنتاجية ، أي أن التنفس والبناء الضوئي فيه متعادلان ، فانه يحق لنا أن نسأل عن تفسير لكمية الأوكسجين الموجودة حاليا؟ فكل جزيء متراكم الآن في الجولايدي أنه يمثل ذرة كربون إختزلت يوما ما أثناء البناء الضوئي وهربت من الأكسدة منذ ذلك الوقت . ذرات الكربون هذه تم عزلها في الفحم وزيت البترول والرواسب العضوية الأخرى . هذه هي أيضا ذرات



الشكل (٣-٣٨) : دورة
الأوكسجين تقريبا كل
الأوكسجين الموجود الآن في
الغلاف الجوي أنتجته
نباتات وطحالب تقوم بالبناء
الضوئي. الأوكسجين يعمل
كمستقبل نهائي
للالكترونات في التنفس
الخلوي.

الكربون التي تكون أجسام الكتلة الأحيائية الحية في جميع أنحاء العالم وتلك الأجزاء الميتة من النباتات والحيوانات التي تفادت التحلل حتى الآن .

عند حرقنا للوقود الحفري ، فإننا نستخدم كمية الأوكسجين التي وضعت في الغلاف الجوي عندما إختزلت ذرات الكربون الموجودة في هذا الوقود لأول مرة . هذه الحقيقة تثير الذعر اذ أنه كلما أحرقنا كميات دائمة التزايد من الفحم والبتروال والغاز الطبيعي فإننا نعمل على استنزاف تركيز الأوكسجين في الهواء بصورة خطيرة . ويقدر مخزون الأرض من هذه الأنواع من الوقود من وقت لآخر . وحتى إذا قبلنا أكثر هذه التقديرات سخاء فإن الاستهلاك الكلي لهذه المواد سوف لا يستنزف تركيز أوكسجين الهواء الجوي بأكثر من ٢-٨٪ . ولماذا لا يكون أكثر من ذلك ؟ إحدى الأجابات هي أن معظم الكربون المختزل في الأرض يكون موزعا توزيعا متباعدا و/أو مدفون على أعماق تعوق استخدامه كوقود . ومع ذلك فوجوده يحول دون الانخفاضات الخطيرة في تراكيزات الأوكسجين . وحتى لو انخفض تركيز الأوكسجين بمقدار ٨٪ فسوف يكون تأثير ذلك على البشر أقل من تأثير السفر من نيويورك إلى دنفر . (عند ارتفاع ٥٠٠٠ قدم يكون تركيز الأوكسجين في الهواء أقل بمقدار ١٨٪ عن تركيزه عند مستوي سطح البحر) . ان حرق كل الوقود الحفري سيخلق مشكلات بكل تأكيد (مثل تلوث الهواء) وهي

أخطر بكثير من مجرد التأثير على تركيز الأوكسجين.

و بينما لا يكاد يوجد تأثير قوي للنشاطات البشرية على محتوى الهواء الجوي من الأوكسجين فإن ذلك ليس صحيحا بالنسبة للبيئات المائية فالكثير من الأنهار والبحيرات في الدول الصناعية المزدحمة تعاني من نقص الأوكسجين بصفة دورية. وهذا النقص غالبا ما يكون من الشدة بحيث لا تستطيع كائنات مائية معينة أن تتحملة. العامل الحاسم هنا هو القاء النفايات العضوية وغيرها في الماء. وهي تتحلل بفعل كائنات التحلل التي تستخدم الأوكسجين في هذه العملية. في السواقع فإن أكثر المؤثرات السدالة على تلوث الماء هو ما يسمى بالطلب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين أو بود "BOD" biochemical Oxygen demand. هذا هو مقدار الأوكسجين اللازم لأكسدة المواد الموجودة في الماء أكسدة تامة. كلما زاد بود بالنسبة لنهر أو بحيرة، كلما قل الأوكسجين المتاح للكائنات التي تعيش طبيعيا فيها. وبالنسبة لأولئك الذين تكون مطالبهم من الأوكسجين مرتفعة (مثل معظم الأسماك) فإن بود المتزايد يهدد قدرتهم على البقاء.

THE NITROGEN CYCLE

٣-٣٨. دورة النتروجين

تحتاج كل الكائنات الحية إلى ذرات النتروجين لبناء البروتينات وجزيئات عضوية أساسية أخرى. يتكون الهواء من ٧٩٪ من النتروجين ويعمل كمستودع له. وعلى الرغم من الكمية الهائلة من النتروجين إلا أنه غالبا ما يكون العامل المحدد للكائنات الحية. وذلك لأن معظم الكائنات لا تستطيع أن تستخدم النتروجين في صورته العنصرية، أي كغاز N_2 وحتى تستطيع النباتات تصنيع البروتين فانها لابد أن تحصل على النتروجين في صورة مثبتة أي على هيئة مركبات. وأكثر الصور استعمالا هو أيون النترات، NO_3^- ومع ذلك فإن مواد أخرى مثل الأمونيا (NH_3) واليوريا $CO(NH_2)_2$ تستخدم بنجاح سواء في الأنظمة الطبيعية أو كأسملة في الزراعة.

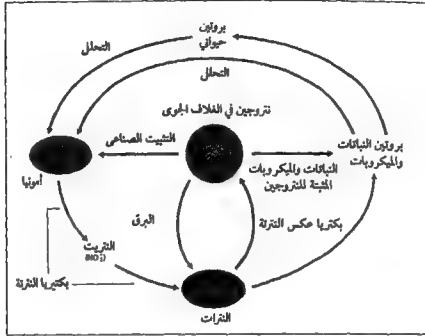
تثبيت النتروجين Nitrogen fixation: جزيء النتروجين N_2 خامل غاما. ولكي ينكسر. وتستطيع ذراته الاتحاد مع ذرات أخرى فانه يتطلب كميات كبيرة من الطاقة. تلعب ثلاث عمليات دورا هاما في تثبيت النتروجين في المجال الحيوي. إحداها هي البرق.

فالطاقة الهائلة للبرق تكسر جزيئات النتروجين وتجعلها قابلة للالتحاد مع الأوكسجين الموجود في الهواء. (هذه العملية منازرة لما يحدث في آلة الاحتراق الداخلي، أنظر القسم ١٠-٢١). تتكون أكاسيد النتروجين وتذوب في ماء المطر لتكون نترات. وتصل إلى الأرض على هذه الصورة (الشكل ٤-٣٨). وربما كان تثبيت النتروجين في الهواء الجوي يمثل ٨.٥٪ من الأجمالي.

الحاجة إلى النترات في تصنيع المتفجرات التقليدية أدت إلى تطور طريقة صناعية لتثبيت النتروجين في ألمانيا عشية الحرب العالمية الأولى. في هذه الطريقة يتفاعل الهيدروجين (المستخلص من الغاز الطبيعي أو النفط) مع النتروجين لتكوين الأمونيا NH_3 وحتى يتم التفاعل بكفاءة لا بد أن يكون عند درجة حرارة عالية ($600^\circ C$) وتحت ضغط هائل وفي وجود عامل حفاز. واليوم فإن معظم النتروجين المثبت صناعياً يستخدم كسماد. ويمكن استخدام الناتج المبدئي وهو الأمونيا مباشرة كسماد ولكن معظمه تم معالجته ليتحول إلى الأسمدة الأكثر استخداماً مثل اليوريا ونترات الأمونيوم $NH_4 NO_3$.

الاحتياجات المتزايدة للزراعة أدت إلى إنتاج دائم التزايد من النتروجين المثبت صناعياً. وربما كان ثلث تثبيت النتروجين الذي يتم حالياً يتم صناعياً. وذلك في الواقع تدخل غير عادي من الإنسان في وظائف المجال الحيوي. ومن الصعب التنبؤ بها إذا كان هذا الأزعاج لدورة طبيعية سوف يكون في النهاية لصالح الناس أم لا. من المؤكد أن انتاجيتنا الزراعية تعتمد على المعدلات المرتفعة الحالية لتثبيت النتروجين ومع ذلك فإنه يمكن ملاحظة آثار جانبية مدمرة لذلك في البحيرات والأنهار نتيجة لتصرف الأسمدة النتروجينية من التربة في المزارع القريبة منها مما يغذي ازدهارات خطيرة من الطحالب، وهي ظاهرة سوف نعود إليها في القسم ٥-٣٨.

تأثيرنا على معدلات تثبيت النتروجين ليس مقصوراً فقط على النشاطات الصناعية. فالتوسع في زراعة البقوليات، وخاصة البرسيم وفول الصويا (الشكل ٥-٣٨) قد زاد كثيراً من معدل تثبيت النتروجين على مستوى العالم. البقوليات هي فصيلة من النباتات (تضم البسلة والبرسيم الحجازي) تأوي في جذورها بكتيريا عسوية سالبة لصبغة جرام من جنس رايزوبيوم *Rhizobium* هذه البكتيريا قادرة على تثبيت النتروجين الجوي لنفسها ولعائلها. تفاصيل أخرى حول هذه العلاقة التكافلية الفذة سوف تأتي في الباب الحادي والأربعين.



الشكل (٣٨-٤): دورة النترجين. تلعب الأحياء الدقيقة عدة أدوار أساسية في دورة النترجين خلال المجال الحيوي. يقدر أن نصف النترجين المثبت على الأرض حالياً هو نتيجة لنشاطين بشريين هما التثبيت الصناعي وزراعة البقوليات.

أحياء دقيقة معينة أخرى تستطيع تثبيت نترجين الجوى. وفي الواقع يبدو أن القدرة على تثبيت النترجين الجوى تكون مقصورة على بدائيات النواة فقط. فبعض البكتيريا الشعاعية (أنظر القسم ٣٣-١١) تعيش في علاقة مع نباتات أخرى غير البقوليات. البكتيريا الأخرى المثبتة للنترجين (مثل الأزوتوباكتر *Azotobacter* والكلوستريديوم *Clostridium*) تعيش طليقة في التربة. بعض الطحالب الخضراء المزرقة تستطيع أيضاً تثبيت النترجين وتلعب دوراً هاماً في المحافظة على خصوبة النباتات نصف المائية مثل مزارع الأرز.

على الرغم من البحوث المستفيضة فإنه ليس واضحاً تماماً كيف تغلب الكائنات المثبتة للنترجين على مشاكل الحصول على الطاقة العالية اللازمة لهذه العملية. فهي تحتاج إلى إنزيم يسمى النيتروجيناز وكميات هائلة من ATP. وعلى الرغم من أن أول ناتج مستقر من هذه العملية هو الأمونيا، إلا أنه سرعان ما يدخل في تركيب البروتين ومركبات عضوية أخرى تحتوي على النترجين. والذي يعني أن تثبيت



الشكل (٥-٣٨): نباتات فول الصويا المزروعة في ميسوري. قابلية نباتات فول الصويا لدمج النتروجين الجوي في بروتيناتهم يجعلهم منهم مصدر هام لهذا الغذاء الرئيسي. (بتصريح من جمعية فول الصويا الأمريكية).

النتروجين يؤدي إلى ادخال النتروجين في بروتين النباتات (والميكروبات). النباتات التي تفتقر إلى مزايا التكافل مع مثبتات النتروجين تقوم بتصنيع البروتين الخاص بها من نتروجين مستمد من التربة - على صورة نترات بصفة عامة.

التحلل Decay: تدخل البروتينات التي قامت النباتات بتصنيعها في الشبكات الغذائية وتُمر خلالها تماماً كما تفعل الكربوهيدرات. عند كل مستوى غذائي هناك فقد يذهب مرة أخرى إلى البيئة، مع النفايات أساساً. المستفيدون النهائيون من المركبات العضوية النتروجينية هم الأحياء الدقيقة التي تقوم بالتحلل. ومن خلال نشاطاتها فإن الجزيئات العضوية المحتوية على النتروجين في الأفراسات والجثث تتكسر إلى أمونيا. النترنة Nitrification. يمكن للنباتات أخذ الأمونيا مباشرة - من خلال الجذور وكما في بعض النباتات من خلال الأوراق. (عندما تتعرض هذه الأخيرة لغاز أمونيا مشع فإن الأشعاع يصل إلى تركيب البروتينات). ومع ذلك فمعظم الأمونيا الناتجة من التحلل تتحول إلى نترات. يتم ذلك على خطوتين. البكتيريا من جنس نيتروزوموناس Nitrosomonas تقوم بأكسدة NH_3 إلى نيتريت (NO_2^-) ثم تقوم البكتيريا من جنس

نيتروباكتر *Nitrobacter* بأكسدة النتريت إلى نترات (NO_3^-) هاتان المجموعتان من البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية تسميان معا بكتيريا النترة. ومن خلال نشاطاتهما (التي تخدمهم بكل احتياجاتهم من الطاقة) يكون النتروجين متاحا بسهولة لجذور النباتات.

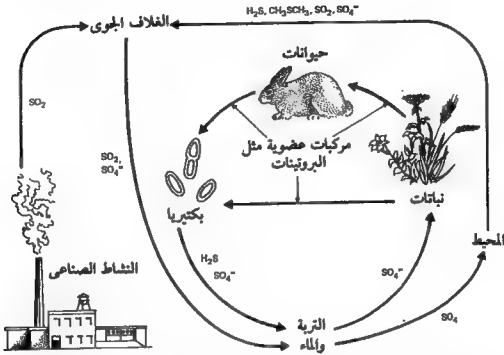
عكس النترة Denitrification: لو كانت العمليات التي سبق وصفها هي القصة الكاملة لدورة النتروجين لواجهنا نقص مطرد في كمية النتروجين الجوي كلما تم تثبيتته ودخوله في الأنظمة البيئية المختلفة (الشكل ٣٨-٤). عملية أخرى، هي عكس النترة، تختزل النترات إلى نتروجين فتثري به الغلاف الجوي. مرة أخرى البكتيريا هي الأداة لذلك. فهي تعيش في أعماق التربة وفي الرواسب المائية حيث يشح الأوكسجين. وهي تستعمل النترات كبديل للأوكسجين كمستقبل نهائي للأليكترونات أثناء نفسها. وبذلك تتم دورة النتروجين. وليس معروفا ان كانت نشاطاتها تجاري كفاءةنا المتزايدة باستمرار في تثبيت النتروجين.

THE SULPHUR CYCLE

٤-٣٨. دورة الكبريت

يدخل الكبريت في تركيب جميع البروتينات تقريبا وهو لذلك عنصر أساسي بالنسبة لجميع الكائنات الحية. وهو يتحرك في المجال الحيوي من خلال دورتين، إحداهما داخلية والأخرى خارجية (الشكل ٣٨-٦). الدورة الداخلية تشتمل على المرور من التربة (أو الماء في حالة البينات المائية) إلى النباتات ومنها إلى الحيوانات ثم إلى التربة أو الماء. هناك مع ذلك تسرب من هذه الدورة الداخلية. فبعض مركبات الكبريت الموجودة على الأرض (في التربة مثلا) تحملها مياه الانهار إلى البحر. وهذا الكبريت يعتبر مفقودا بالنسبة للدورة الأرضية لولا وجود آلية لأعادته إلى الأرض. هذه الآلية تتضمن تحويله إلى غازات مثل كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وثاني أوكسيد الكبريت (SO_2). هذه الغازات تتصاعد إلى الغلاف الجوي وتنقل فوق الأرض. بصفة عامة يتم غسلها من الهواء مع سقوط المطر وإن كان بعض ثاني أوكسيد الكبريت تمتصه النباتات مباشرة.

تلعب البكتيريا دورا حاسما في دورة الكبريت. ففي وجود الهواء فإن تكسير مركبات الكبريت (بما في ذلك تحمل البروتينات) ينتج الكبريتات (SO_4^{2-}) وتحت الظروف اللاهوائية يكون كبريتيد الهيدروجين (وهو غاز له رائحة البيض الفاسد) وكبريتيد



الشكل (٦-٣٨): دورة الكبريت: حرق الوقود الحفري وصهر الخامات المحتوية على الكبريت أضافا كميات كبيرة من مركبات الكبريت الغازية إلى الغلاف الجوي.

ثنائي الميثيل (CH_3SCH_3) هما الناتجان الأساسيان. عندما يصل هذان الغازان إلى الغلاف الجوي فإنهما يتأكسدان إلى ثاني أوكسيد الكبريت. استمرار أكسدة ثاني أوكسيد الكبريت وذوبانه في ماء المطر ينتجان حامض الكبريتيك والكبريتات، وهما الصورتان الرئيسيتان للثان يعود بهما الكبريت إلى النظم البيئية الأرضية.

يحتوي الفحم والنفط على الكبريت وحرقهما يطلق ثاني أوكسيد الكبريت إلى الغلاف الجوي. صهر الخامات المحتوية على الكبريت، مثل خام النحاس، يضيف أيضا كميات ضخمة من ثاني أوكسيد الكبريت إلى الهواء. في الواقع، فإن التلوث بثاني أوكسيد الكبريت حول مصانع صهر النحاس قد يحطم الكساء النباتي لمسافة أميال (أنظر الشكل ٢٥-٢١). وعلى الرغم من تفاوت التقديرات فإن ١٥-٢٥٪ من الكبريت الغازي في الغلاف الجوي ينتج من النشاطات الصناعية. وليس معروفا إن كان ذلك يمثل تهديدا خطيراً لدورة الكبريت على المستوي العالمي. ولقد إستعرضنا بعض المشاكل الناجمة عن تلوث الهواء بثاني أوكسيد الكبريت. في المناطق الصناعية من أوروبا وأمريكا الشمالية وفي المناطق التي تقع جنوب اتجاه الريح من هذه البلدان فإن تركيز ثاني

أكسيد الكبريت الزائد يؤدي إلى خفض الأس الهيدروجيني للماء والجليد. المطر العادي حامضي قليلا (pH 5.7) بفضل ثاني أكسيد الكربون الذائب فيه. وحيثما يوجد تلوث بثاني أكسيد الكبريت فإن الأس الهيدروجيني للمطر يكون حوالي ٤ وقد سجلت قيم تصل إلى ١, ٢. نحن لانعرف إذا ما كان هذا المطر الحامضي acid rain ضار بالصحة أو إذا كان سوف يسرع بإطلاق المعادن من التربة والصخور. ولكن الواضح أن المطر والجليد الحامضيين قد قللا من الأس الهيدروجيني للماء في الكثير من البحيرات الشرقية في أمريكا الشمالية وفي أوروبا. وقد أضر ذلك بالحياة المائية في هذه البحيرات وأدى إلى نقص خطير في إنتاجيتها. وتكون المشكلة حادة بصفة خاصة في مناطق مثل أديرونداكس بولاية نيويورك حيث تكون الصخور المحلية جرانيتية وليس لها ما للمحجر الجيري من طاقة تعادلية. كذلك يسرع المطر الحامضي من تحلل التماثيل والمباني المبنية من الحجر الجيري والرخام (الشكل ٣٨-٧).

THE PHOSPHORUS CYCLE

٣٨-٥. دورة الفوسفور

على الرغم من أن نسبة الفوسفور في المادة الحية تعتبر صغيرة نسبياً إلا أنه لا يمكن الاستغناء عن الدور الذي يلعبه مطلقاً. الأحماض النووية، وهي المواد التي تختزن وترجم الشفرة الوراثية، غنية بالفوسفور. الكثير من المواد الوسيطة في البناء الضوئي والتنفس تتحد مع الفوسفور وذرات الفوسفور هي الأساس في تكوين الروابط عالية الطاقة في ATP الذي هو عملة تداول الطاقة في البناء الضوئي وفي التنفس.

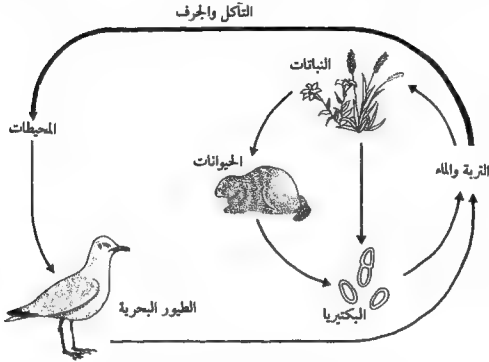
الفوسفور نادر نسبياً في عالم الجهادات. وإنتاجية معظم النظم البيئية الأرضية تزداد بزيادة كمية الفوسفور المتاح في التربة. وحيث أن الانتاجية الزراعية تكون محدودة أيضاً بالكيمياء المتاحة من النتروجين والبوتاسيوم فإن برامج التسميد غالباً ما تشتمل على كل هذه العناصر الثلاثة. وفي الحقيقة يتم التعبير عن تركيب معظم الأسمدة بثلاثة أرقام. الأول يعطى النسبة المثوية للنتروجين في السماد. والثاني يعطى محتواه من الفوسفور (كمًا لو كان موجوداً على صورة P_2O_5) أما الثالث فيعطى كمية البوتاسيوم (كـ) لو كان موجوداً على صورة أكسيد K_2O وعلى ذلك فإن مائة رطل من سماد ١٠-١٠-٥ تحتوي على خمسة أرطال من النتروجين وكمية من الفوسفور والبوتاسيوم تكافئ ما هو موجود في عشرة أرطال من P_2O_5 , K_2O على التوالي.



الشكل (٧-٣٨) : تمثال من الحجر الجيري فوق بوابة إحدى القلاع في وستفاليا بألمانيا وقد صور عام ١٩٠٨ (إلى اليسار) وفي عام ١٩٦٩ (إلى اليمين) . المطر الحامض الناتج عن تلوث الهواء المتولد في منطقة الرور الصناعية بألمانيا ربما كان السبب في هذا التلف الشديد . القلعة نفسها مبنية في عام ١٧٠٢ (بتصريح من السيد شميت - تومسي) .

الفوسفور، مثل النتروجين والكبريت، يشارك في دورة داخلية كما يشارك في دورة عالمية جيولوجية (الشكل ٨-٣٨) . في الدورة الصغيرة تتحلل المادة العضوية المحتوية على الفوسفور (مثل بقايا النباتات وبراز الحيوانات) ويصبح الفوسفور متاحا لجذور النباتات وإعادة ادخاله في مادة عضوية . وبعد المرور في السلاسل الغذائية فإنه ينتقل مرة أخرى إلى كائنات التحلل وتغلق الدورة . وهناك تسرب من الدورة الخارجية . فإلما لايفس الفوسفور من الصخور التي تحتوي عليه فقط وإنما من التربة كذلك . بعض هذا الفوسفور تتلفه الحياة المائية ولكنه في النهاية يجد طريقه إلى البحر .

الدورة العالمية للفوسفور تختلف عن دورات كل من الكربون والنتروجين والكبريت في ناحية هامة . فالفوسفور لا يكون مركبات متطايرة يستطيع بها أن يعبر من المحيطات إلى الغلاف الجوي ومنه إلى الأرض مرة أخرى بمجرد أن يصل إلى البحر لا يكون هناك إلا آتئين فقط لأسترجاعه إلى الأنظمة البيئية الأرضية . الأولى من خلال الطيور البحرية التي تحصد الفوسفور المار خلال السلاسل الغذائية البحرية وتعيده إلى الأرض مع برازها . في الواقع فإن ترسبات جوانو الهائلة على الجزر المواجهة لشواطئ بيرو تمثل



الشكل (٣٨-٨): دورة الفوسفور: عادة يكون الفوسفور هو العنصر الغذائي المحدد للكائنات التي تعيش في النظم البيئية بالمياه العذبة. الكثير من الفوسفور الذي يصل إلى المحيطات تفقده الكائنات الأرضية لفترات زمنية طويلة.

مصدرا هاما للأسمدة المحتوية على الفوسفور (الشكل ٣٨-٩). ويعيدا عن نشاط هذه الحيوانات فإنه يكون لزاما علينا أن ننتظر الارتفاع الجيولوجي البطيء للرواسب المحيطية وتكوين أرض - وهي عملية تقاس بملايين السنين.

نحن نؤثر في دورة الفوسفور من خلال إستخراج الصخور المحتوية على الفوسفور من المناجم والتي نقوم بتصنيع الأسمدة وأنواع عديدة من المنتجات الصناعية منها. ومن بين المنتجات مواد إزالة عسر الماء التي تضاف إلى بعض المنظفات المنزلية. وبعد أن تؤدي هذه المواد عملها فإن هذه الفوسفات الذائبة تلحق بمياه الصرف الصحي ومنها إلى مجارى المياه. في الكثير من الأنهار والبحيرات يكون الفوسفور هو العامل الغذائي المحدد. بعبارة أخرى، فإن كمية الفوسفور المتاح هي التي تنظم نمو المنتجين (مثل الطحالب). معظم المياه الناتجة من الاستخدام البشري تذهب بدون معالجة إلى مجارى المياه. وحتى في الأماكن التي يعالج فيها الصرف الصحي فإن أغلب الطرق لاتزيل منه كميات محسوسة من الفوسفات. وكانت النتيجة هي الارتفاع الكبير في كمية



الشكل (٩-٣٨): جزيرة جواتاني الشمالية بالقرب من سواحل يرو مغطاة بالجوانو- ترسبات سمكية من براز الطيور البحرية مثل طيور الغاق. الجوانو سواد غالي بسبب محتواه العالي من الفوسفور ولذلك يتم استخراجها لهذا الغرض. البقع القائمة في الصورة هي قطعان من طيور الغاق في أعشاشها. (بتصريح من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي).

الفوسفات في أكثر مصادر المياه ومن أشهر الأمثلة على ذلك بحيرة ايري Lake Erie. مع التركيزات المرتفعة من الفوسفات تحيي المعدلات المرتفعة من الإنتاجية الابتدائية على صورة نمو انفجاري (ازدهار "bloom") للطحالب (الشكل ١٠-٣٨). الإنتاجية شيء طيب من عدة وجوه. ولكن في المياه العذبة فانها تعنى كتلا طافية من الطحالب، وهبوط معدلات الأوكسجين ليلا، وما يتبع ذلك من موت الأسماك وأخيرا تحلل معظم الكتلة الأحيائية الزائدة من الطحالب مع ما يصاحب ذلك من رائحة. ونحن نستخدم كلمة التغذية الحقيقية eutrophication لوصف الزيادة في إنتاجية الماء التي تل زيادة محتواه من المواد الغذائية. التغذية الحقيقية تقلل جودة الماء سواء بالنسبة للشرب أو للأغراض الترفيهية.

وما يزيد المشكلة تعقيدا أن بعض الفوسفور الموجود بالأسمدة المستخدمة في الأراضي الزراعية يفتل في الدخول إلى النباتات وبدلا من ذلك يتم غسله بهاء المطر والرئ إلى المجارى المائية المحلية. وبينما تكون تقديرات الكمية غير مؤكدة فانه ربما كان



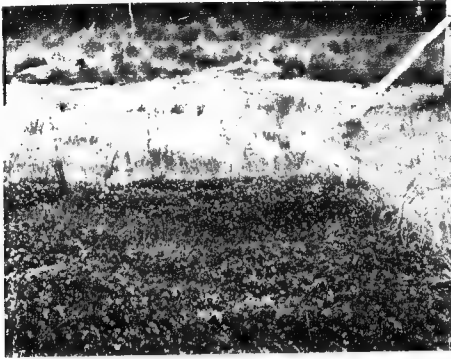
الشكل (٣٨-١٠): ازدهار طحلي في بحيرة ميتوكا بولاية مينيسوتا. تصريف المواد المغذية في البحيرة من يالوعات الصرف الصحي ومعامل معالجة المجارى والأراضي الزراعية المسمدة أدى الى هذا النمو الانفجاري للطحالب. (يصريح من منيابوليس ستار).

من الأسلم أن نقول أن نشاطاتنا قد ضاعفت ثلاث مرات من حركة الفوسفات في مصادر المياه حيثما كانت الكثافة السكانية عالية أو كانت الزراعة مكثفة.

٦-٣٨. متطلبات معدنية أخرى

OTHER MINERAL REQUIREMENTS

بالإضافة إلى المكونات الرئيسية للمادة الحية، والتي درسنا دوراتها هناك أنواع أخرى من العناصر الأساسية للحياة. بعضها نحتاجه بكميات متواضعة مثل الكالسيوم والصوديوم والكلور والمغنسيوم. نحتاج إلى البعض الآخر بكميات صغيرة جدا حتى اننا نصفها بالعناصر الدقيقة trace elements. وحيث أن معظم هذه العناصر متوفرة بكثرة في عالم الجيادات ولا تحتاج الأحياء إلا كميات قليلة فقط منها فان دوراتها لا نكتنفها مشاكل وفرة المصادر. ربما كان اليود فقط هو النادر في التربة وفي مياه بعض المناطق لدرجة تشكل خطورة على صحة الإنسان. وربما كان واحد أو أكثر من عدة عناصر دقيقة (مثل الحديد والنحاس والبارصين والكوبالت والموليبدنم) نادرا في مواقع جغرافية معينة لدرجة تحد من الإنتاجية النباتية أو تمتع تربية الحيوانات. الموليبدنم على



الشكل (٣٨-١١): الدليل على أن البرسيم لا ينمو الا حيث تكون كمية الموليبدنم كافية. التربة المبينة هنا (في شرق أستراليا) تعاني من نقص طبيعي في الموليبدنم. وعلى الرغم من أن بذور البرسيم قد وزعت داخل كل المنطقة التي يحدها السور فإن النباتات لم تستطع أن تنمو وتثبت النتروجين الا حيثما أضيف سباد الموليبدنم. (بتصريح من أ. ج. أندرسون).

سبيل المثال ضروري جدا لتثبيت النتروجين ولكن الكميات اللازمة منه ضئيلة للغاية. فالأوقية الواحدة من الموليبدنم حينما توزع على فدان من الأراضي الزراعية في استراليا تكفي للمحافظة على الخصوبة لفترة تزيد على عشر سنوات (الشكل ٣٨-١١).

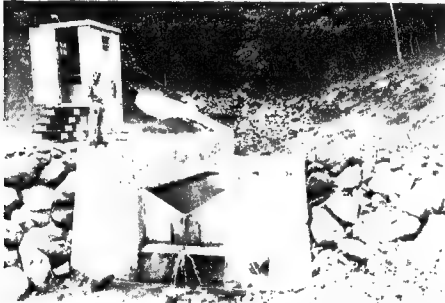
ANALYTICAL TECHNIQUES

٣٨-٧. الطرق التحليلية

درسنا في هذا الباب وفي الباب السابق تقديرات لكميات ومعدلات الطاقة والمواد العابرة خلال المجال الحيوي أو أجزاء منه. ومع الأخذ في الاعتبار حجم وتعقيد هذه النظم البيئية فانك قد تتعجب عن كيفية الوصول إلى هذه التقديرات. لا بد من القيام بعدة أنواع من القياسات. دعنا ندرس مثال محدد. في غابة الجبل الأبيض الوطنية بولاية نيوهامبشاير عزلت سلسلة من الوديان المتجاورة لدراسة طويلة الأمد عن أخذ وتصدير عدد كبير من المواد تشمل الأمونيا (NH_4^+) والنترات (NO_3^-)

و الكبريتات (SO_4^{--}) تم اختيار هذا النظام البيئي لأن الطريق الوحيد لدخول كميات كبيرة من المواد اليه هو عن طريق المطر أو الجليد. ولأن الغابة مبطنة بطبقة من الصخور غير المنفذة للماء فإن الطريق الوحيد لخروج المواد هو الصورة الذائبة أو المعلقة إلى الرافد الذي يتلقى الصرف من كل وادي (الشكل ٣٨-١٢). وكان من المفترض أن أي مواد تجلبها الحيوانات إلى الوادي سوف تعادها المواد التي تأخذها الحيوانات من الوادي.

كان للطرق التحليلية عنصران رئيسيان. فقد وزعت مقاييس للمطر في كل أنحاء الوادي لحساب كمية المطر السنوي. وقد تم تحليل المطر المتجمع دوريا للكشف عن وجود المواد المختلفة تحت الدراسة (مثل الفوسفات). أما فيما يتعلق بالصادرات من هذا النظام فقد تم إقتياد الرافد الذي يتلقى ماء الصرف من كل وادي إلى حوض خاص مجهز بحيث يمكن قياس معدل سريان الماء فيه (الشكل ٣٨-١٢). وقد أمدنا التحليل الدوري لهذا الماء ببيانات يمكن منها حساب كميات المواد المغادرة للنظام البيئي.



الشكل (٣٨-١٢): قياس دورة المواد في غابة بولاية نيوهامبشاير. تقاس كمية المواد الداخلة إلى الوادي بقياس كمية المطر وما به من أملاح معدنية. أما المواد الخارجة من الوادي فتقاس عند هذا البناء بتعيين كمية الماء وما به من أملاح معدنية من الجدول الوحيد الذي تصب فيه مياه الصرف من الوادي. في السنوات الأخيرة كانت الكبريتات والنترات والبوتاسيوم تتراكم في الغابة بينما كان هناك فقد صافي في كمية الصوديوم والسيليكا (بتصريح من وزارة الزراعة الأمريكية، ادارة الغابات).

وقد تبين أن أعلى دخل في هذا النظام البيئي هو الفوسفات. فقد أضيفت ٣ جرامات كل سنة إلى كل متر مربع من مساحة الغابة بينما لم يفسدها سوى ٩,٢ جم/م^٢ في السنة من خلال ماء النهر. وعلى ذلك يبدو أن الفوسفات تتراكم في هذا النظام البيئي. (كان ذلك صحيحا أيضا بالنسبة للأونيوم، التترات، والبوتاسيوم). بالنسبة للمواد الأخرى مثل الصوديوم (Na⁺) والسيليكا (SiO₂) فقد كان معدل المصادر أعلى من معدل الوارد. ربما كانت المجموعة الأولى تتراكم في النظام البيئي مع نمو الغابة بينما كانت المجموعة الثانية تتبع المسار المحتوم لانتقال المعادن من الأرض إلى البحر (انظر القسم ٣٨-١٠).

المجال المحدود لهذا النظام البيئي أمدا بمعلومات يمكن الوثوق منها. ولكن من السهل أن نرى أن توسيع هذه البيانات لتكون على نطاق عالمي يؤدي إلى شكوك هائلة. لذلك فإن الأرقام المعطاة في دراستنا لسريان الطاقة ودورات المواد لا بد من اتخاذها كتقديرات تقريبية فقط. وكلما تجمعت بيانات أفضل فانه سوف يتحتم إعادة النظر في الكثير منها (تماما كما أعيد النظر في الكثير منها في الماضي).

الاستنتاجات التي توصلنا إليها مبنية اذن على افتراض أن البيانات - على الرغم من كونها غير كاملة - تعطي قيم تقريبية معقولة لكيفية عمل المجال الحيوي. ولا بد من اعتبار الاستنتاجات مبدئية وليست نهائية. ولقد أدى القلق المتزايد من تأثير الانسان على وظائف المجال الحيوي في بعض المناسبات إلى استخدام بيانات معينة كأساس لتنبؤات متشائمة عن وقوع كارثة محققة. ومن المؤكد أن تناولنا لمثل هذه الأسئلة بالدراسة لا يترك مجالا للارتياح. ومن ناحية أخرى، بمجرد أن ترى كم هي محدودة تلك البيانات التي استقينها منها الكثير من التنبؤات والتعميمات فانك سوف تقدر كيف أن معلوماتنا عن المجال الحيوي غير مؤكدة وحينئذ تستطيع أن تواجه أي إدعاءات مثيرة بقدر من التشكك.

٣٨-٨. الماء والمجال الحيوي

WATER AND THE BIOSPHERE

الماء هو أكثر الجزيئات انتشارا في الكائنات الحية. فهو يمثل ٦٠٪ من وزن الجسم البشري البالغ وترتفع النسبة إلى ٩٥٪ من وزن تلك المخلوقات الرقيقة مثل قناديل

البحر والأجنة . كل الكيمياء الحيوية تقريبا كيمياء مائية ، أي أن الماء هو الوسط الذي تحدث فيه معظم التفاعلات الكيميائية الحيوية . كذلك يشارك الماء مباشرة في الكثير من تفاعلات الكيمياء الحيوية بما في ذلك تفاعلات التنفس الخلوي والهضم والبناء الضوئي .

الماء هو الموطن بالنسبة للعديد من أنواع الأحياء الدقيقة والنباتات والحيوانات . ولأننا مخلوقات أرضية فإننا نميل أحيانا إلى أغفال حجم ودرجة تعقيد المشاكل الخاصة بالنظم البيئية للمياه العذبة والمالحة .

سواء على المستوي المحلي أو على المستوي العالمي فإن الماء يشارك في دورات كل المواد الأخرى التي تحتاج إليها الكائنات الحية . كل مادة ناقشنا دورتها في الجزء السابق من هذا الباب لاتكتمل دورتها في المجال الحيوي إلا ببعض المساعدة من الماء .

THE PROPERTIES OF WATER

٩-٣٨ . خواص الماء

للماء عدد من الخواص الفريدة أو غير العادية هي التي تجعله قادرا على أن يلعب العديد من الأدوار الخاصة في المجال الحيوي . فهو لا يتفوق عليه أي مركب كيميائي قادر على إذابة مدى واسع من المواد العضوية . وهذه الصفة التعددية للماء كيميائي هي التي تمكنه من العمل كوسط لنقل الكثير من المواد وهذا صحيح سواء داخل الكائنات الفردية أو على مستوي المجال الحيوي ككل . فالدم والليمف والبول هي ثلاثة وسائل أساسها الماء ولها وظائف أساسية في النقل كما رأينا .

يوجد الماء في صورة سائلة عند مدى واسع من درجات الحرارة التي توجد في معظم أجزاء الأرض . وخارج هذا المدى تتباطأ العمليات الحيوية أو تتوقف تماما . وحتى عندما تهبط درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد (صفر م) فإن الثلج المتكون يطفو على سطح الماء فيعمل كغطاء حراري للماء وساكنتيه . الصورة الصلبة من كل المواد الأخرى تكون أكثر كثافة من الصورة السائلة . وإذا كان ذلك صحيحا أيضا بالنسبة للثلج لتجمد الماء من القاع إلى القمة وربما لا يذوب بالكامل أثناء الصيف في الكثير من الحالات .

للماء أعلى سعة حرارية بين المواد الشائعة . وهذا يعني أنه تلزم كمية من الطاقة

(الحرارة) لرفع درجة حرارة الماء عدد معين من الدرجات أكبر مما تلزم لأي مادة أخرى. وبالعكس، عند تبريد الماء عدد معين من الدرجات فإنه يطلق كمية حرارة أعلى مما تطلقها أي مادة شائعة أخرى. هذه الخاصية هامة سواء على المستوي الفردي أو على المستوي العالمي. فبالنسبة للكائن الفرد تعمل السعة الحرارية العالية للماء على حمايته من التقلبات المتطرفة المفاجئة في درجة الحرارة. وعلى المستوى الأعلى، تعمل المحيطات والبحار على إعتدال التقلبات الموسمية في درجة الحرارة. ولهذا السبب تكون المناطق الساحلية أكثر برودة في الصيف وأكثر دفئا في الشتاء من المناطق البعيدة عن البحر ولها نفس الارتفاع.

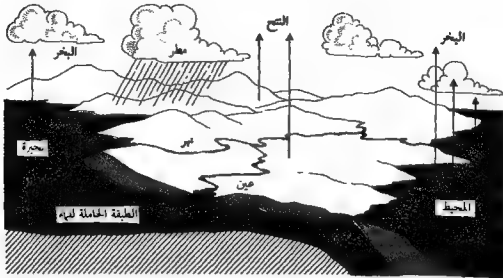
الماء فريد أيضا من حيث الارتفاع غير العادي لحرارة البخار. ففي المتوسط يلزم حوالي ٥٨٠ سعر لتحويل جرام واحد من الماء إلى بخار ماء. هذه القيمة أعلى من القيمة اللازمة لأي مادة شائعة أخرى. وهي ذات أهمية قصوى في تنظيم حرارة الجسم عند الكثير من الحيوانات. فالعرق sweating واللهات panting هما وسيلتان سلوكيتان شائعتان عند الثدييات (وبعض الزواحف) لخفض درجة حرارة الجسم. وترجع كفاءة هاتين الوسيلتين إلى الكمية الكبيرة من حرارة الجسم التي تلزم لتبخر الماء.

كل هذه الخواص غير العادية للماء تعود إلى التركيب غير العادي لجزيء الماء (انظر القسم ٣-٤ والقسم ٣-٥). بسبب التوزيع غير المنتظم للإلكترونات فإن الجزيء يكون شديد القطبية وهذا يمكنه من التفاعل بسهولة مع المواد القطبية الأخرى كما أنه يفسر قوة الإذابة العالية للماء. الاختلاف في السالبية الكهربية بين ذرات الأوكسجين والهيدروجين يخلق روابط بين الجزيئات. التجاذب المتبادل بين جزيئات الماء هو الذي يفسر قابلية الماء للبقاء سائلا عند مدى واسع من درجات الحرارة (صفر - ١٠٠ م) وكذلك يفسر سعته الحرارية العالية والقيمة المرتفعة لحرارة تبخيره.

THE WATER CYCLE

٣٨-١٠. دورة الماء

مثل كل العناصر الأخرى في المجال الحيوي فإن للماء دورات (الشكل ٣٨-١٣). مكان التجمع الرئيسي للماء هو المحيطات ويقدر محتواها بحوالي ٩٧٪ من كل الماء الموجود على كوكب الأرض. أما الباقي فهي مياه عذبة في صورة سائلة ومتجمدة



الشكل (٣٨-١٣): توزيع الماء. الماء المتبخر من البحر يعوض الماء العذب الذي ينساب باستمرار إلى البحر عندما يسقط على الأرض في صورة مطر.

وبخارية. حوالي ٧٥٪ من المياه العذبة متجمدة في المتالح glaciers وفي صورة جليد دائم في المناطق القطبية. تذكر التقدير المعطى لك سابقا: إذا ذاب كل الجليد في المتالح فسوف يرتفع سطح البحر بحوالي ٧٥-١٥٠ متر.

أقل من ١٪ من ماء الأرض يوجد كمياه عذبة سائلة. معظم ذلك (حوالي ٩٦٪) يوجد كمياه جوفية في طبقات الصخور والتربة تحت سطح الأرض. الباقي هو الماء السطحي الموجود في البحيرات والأنهار. معظم مياه الأنهار تصل في النهاية إلى البحر حاملة معها شحنة من الملح وتختلط مع الماء المالح للبحر. يتم تعويض هذا الفقد المستمر في المياه العذبة عن طريق تبخير ماء البحر باستعمال الطاقة الشمسية. التبخر ببساطة هو تقطير عند حرارة منخفضة ولذلك تبقى الأملاح حيث هي. وعلى مستوى العالم فإن متوسط كمية ماء البحر الذي يتبخر كل سنة يكافئ طبقة سمكها ١٢٠ سم من سطح كل المحيطات. عندما يبرد بخار الماء فإنه يتكثف ويعود إلى الأرض كماء عذب في صورة مطر أو جليد. وبالطبع يسقط المطر فوق المحيط كما يسقط فوق الأرض ولكن تضاريس الأرض تساعد على تساقط المطر مما يؤدي إلى تلقي الأرض كميات من المطر أكبر نسبيا مما تتلقاه المحيطات. يتم تعويض الفرق عن طريق فيضان الأنهار مرة أخرى في المحيطات.

يحدث البحر أيضا على الأرض. فهو يحدث من سطح الماء الراكد، ومن سطح التربة المبللة المكشوفة، من خلال فتحات الثغور في النباتات في موسم النمو تنتع المحاصيل والغابات كمية من الماء تكافيء طبقة سمكها ٥٠-٨٠ سم، وبالنسبة للكثير من الأراضي فإن ذلك يمثل أكثر من نصف الماء المفقود بالبحر.

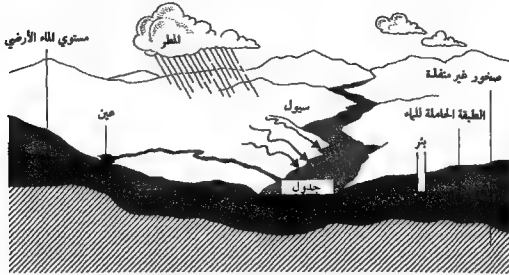
الماء الساقط على الأرض يدخل أولا إلى الطبقات العليا من التربة وقد يمر منها إلى أماكن تجمع الماء السطحي مثل البرك والأنهار. وإذا توفرت الشروط اللازمة فقد يمر الماء أيضا إلى أسفل نحو مستوي الماء الأرضي water table. مستوي الماء الأرضي هو ببساطة السطح العلوي لمنطقة تحت أرضية من تربة و/أو صخر مشبعة بالماء. مثل تلك المنطقة تسمى المنطقة الحاملة للماء aquifer (الشكل ٣٨-١٤). أحيانا يصل مستوي الماء الأرضي في بعض الأماكن إلى مستوي سطح الأرض فتنشأ الينابيع والعيون springs. الكثير من الينابيع يوجد في منخفضات مليئة بالماء فيضيف إلى انسياب الماء السطحي إلى تلك الجداول والبحيرات التي تغذيها الينابيع. وأحيانا يحدث العكس فيتحرك الماء إلى أسفل ليشرى ويزيد من الطبقة المائية.

SOIL

٣٨-١١. التربة

في النظم البيئية الأرضية تكون التربة هي نقطة دخول معظم المواد إلى المادة الحية. تمتص النباتات الماء والنترات والفوسفات والكبريتات والبوتاسيوم والنحاس والخصائص والمعادن الأساسية الأخرى بواسطة جذورها. ومن هذه المواد تقوم النباتات بتحويل ثاني أكسيد الكربون (الذي تأخذ من خلال الأوراق) إلى بروتينات وكرهيدرات ودهون وأحماض نووية والفيتامينات التي تعتمد عليها هي وكل شواذ التغذية. وتكون التربة، مع درجة الحرارة والماء، عامل محدد رئيسي لإنتاجية الأرض.

عادة يكشف قطاع طولي في التربة عن عدة طبقات أو آفاق (الشكل ٣٨-١٥). الطبقة العليا تتكون من نفايات عضوية متحللة جزئيا (مثل الأوراق). تحتها توجد التربة السطحية topsoil. هذه الطبقة عادة داكنة اللون بسبب المادة العضوية المتحللة، أو الدوبال humus. التي تسربت إليها من أعلى. الزراعة المنتجة تعتمد على منطقة سميكة من الطبقة العليا ذلك أن الدوبال يكسب التربة ملمس مفكك يجعلها تحتفظ بالماء كما يسمج بانتشار الهواء خلالها. الهواء ضروري لتغطية الاحتياجات التنفسية



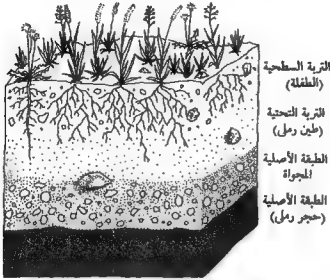
الشكل (٣٨-١٤): العلاقة بين المياه الجوفية والمياه السطحية. ضخ المياه من الجداول والميون بسحبها من الطبقة المائية. والماء المضاد إلى الأنهار (والميون) يثرى الطبقة المائية.

لجذور النباتات، وكائنات التحلل الدقيقة، وكل الكائنات الأخرى التي تعيش في التربة.

تحت التربة السطحية توجد طبقة متميزة تسمى التربة التحتية subsoil. هذه عادة لها لون فاتح عن لون الطبقة العليا وغالبا ما تكون غنية بالمواد الغذائية غير العضوية. تحت الطبقة التحتية توجد طبقة من المادة الأصلية المجزأة weathered parent material. هذه تمثل أول خطوة في التكسير الكيميائي للصخور وتحويلها إلى تربة. غالبا تكون المادة الأصلية المهشمة موجودة فوق المادة الأصلية parent material نفسها على الرغم من أنها تكون محمولة أحيانا إلى هذا المكان من موقع آخر بالرياح أو الماء أو المثالج. التركيب الكيميائي للمادة الأصلية سواء كان من الجرانيت أو الحجر الجيري أو الحجر الرملي، له تأثير كبير على خواص التربة المستعملة منه.

تكوين التربة هو عملية ديناميكية. فهو نتاج كل من: (١) تحلل المادة الأصلية كيميائياً، (٢) تكوين الدوبال بواسطة الأحياء الدقيقة وادخاله من أعلى إلى التربة بواسطة حيوانات الجحور (٣)، حركة المعادن الذائبة في الماء الذي يتسرب من خلال التربة.

تؤثر كمية الماء الساقطة على التربة على خواصها وإنتاجيتها تأثيراً ضخماً. ففي المناطق الرطبة (٧٥-١٠٠ سم أو أكثر من المطر في السنة)، يسقط على التربة ما يكفي من الماء

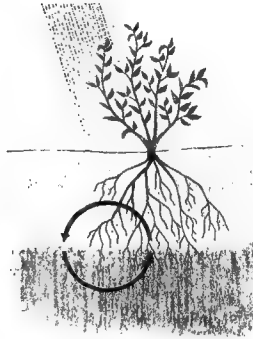


الشكل (٣٨-١٥) : قطاع في التربة بولايات السهول. المطر غفيف للدرجة أن معادن التربة نادرا ما تحمل لأسفل نحو الطبقة التحتية. كنتيجة لذلك فإنه يسهل المحافظة على خصوبة هذه التربة.

بحيث يمر معظمه إلى الطبقة الحاملة للماء ويحمل معه الكثير من المواد المعدنية. مثل هذه التربة تميل إلى أن تكون حامضية وذات خصوبة متناقصة مالم يتم تداركها. فقط عن طريق التسميد وإضافة الجير (لأستعادة الكالسيوم ورفع الأس الهيدروجيني) يمكن إقامة زراعة منتجة في مثل هذه التربة. التربة في شرق الولايات المتحدة من هذا النوع.

في ولايات السهول، يكون المطر السنوي قليلا (حوالي ٥٠ سم) للدرجة أن قليلا منه فقط يتسرب إلى الطبقة الحاملة للماء أو لا يكون هناك تسرب بالمرة. ولا ينتقل الكالسيوم والمعادن الأخرى بعيدا عن متناول جذور النباتات وبالتالي يبقى متاحا لها. ذلك يحفظ الأس الهيدروجيني عالياً ويحافظ على الخصوبة العامة للتربة. فيما عدا كمية المعادن التي تؤخذ من التربة مع جذور النباتات وتفقد فإن المعادن تمر بدورات من التربة التحتية إلى النباتات إلى التربة السطحية ومنها إلى التربة التحتية مرة أخرى (الشكل ٣٨-١٦). الخصوبة التي تحافظ على نفسها في تربة ولايات السهول تفسر الاسم الذي يطلق على هذه المنطقة بأنها سلة الخبز لهذه الأمة.

في الصحاري يكون المطر قليلا (٢٥ سم في السنة أو أقل) بحيث يبقى الماء قريبا من السطح ويفقد بالبحر تاركا الأملاح التي يحملها بالقرب من سطح التربة. وقد يؤدي تراكم هذه الأملاح إلى جعل التربة قلوية للدرجة لاستطيع معها معظم المحاصيل أن تنمو. الموقف مميء بصفة خاصة في ولايات الحوض العظيم (يوتا ونييفادا) لأن الماء



الشكل (١٦-٣٨) : دورة
العناصر في تربة ولايات
السهول. الفقد الوحيد في
المعادن يحدث مع نزع جلود
المحاصيل.

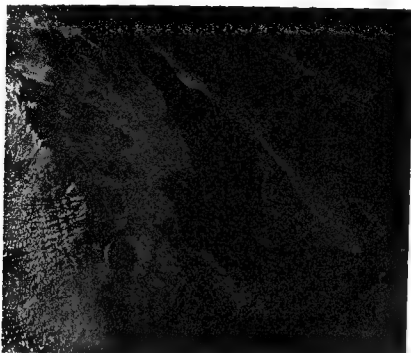
السطحي المنحدر من الجبال - حاملا معه شحنة من الأملاح الذائبة - لا يستطيع
الانسياب إلى البحر بل يتجمد نحو قاع الوادي ويتبخر.

١٢-٣٨ . احتمالات زيادة الاراضي الزراعية في العالم :

PROSPECTS FOR INCREASING THE WORLD'S CROPLAND

في محاولة تغطية الاحتياجات الغذائية للأعداد المتزايدة من الناس فإن أول وسيلة
يتوقع المرء أن يجني منها انتاجية أعلى هي زيادة الرقعة الزراعية. وقد تم استكشاف
ثلاثة احتمالات.

الأول هو زراعة الصحراء بالرى. في جنوب غرب الولايات المتحدة تم تحويل
مساحات شاسعة من الأراضي التي كانت غير منتجة إلى حقول خصيبة (الشكل
١٧-٣٨). ومع ذلك، فعل فرض وجود مصدر من الماء النقي بوفرة فإن الرى ليس هو
العلاج الناجح. حتى أفضل أنواع مياه الرى يحتوي على أملاح ذائبة. وإذا استعملنا
ما يكفي فقط من الماء لتلبية إحتياجات المحاصيل فإن الأملاح لا تنتقل أبدا إلى أعماق
التربة.



الشكل (١٧-٣٨): منظر جوي للوادي الامبراطوري بجنوب كاليفورنيا صوره طاقم المركبة الفضائية أبوللو مبر سالتون في أعلى الوسط وتحت مزارع الوادي الامبراطوري (المربعات الكثيرة الصغيرة). لولا مياه الري التي تجلبها القنوات من نهر كولورادو لكانت كل هذه المنطقة صحراء. (الصورة من ناسا).

المعدلات المرتفعة للبحر في مثل هذه المناطق تسرع من تراكم الأملاح في الطبقات العليا من التربة. وإذا لم يتم تصحيح هذا الوضع فانه قد يصبح من الخطورة بحيث لا يستطيع النمو فيه إلا المحاصيل التي تتحمل الملوحة مثل بنجر السكر.

يمكن تصحيح هذا الوضع باستعمال ماء رى اضافي يكفى لغسل الأملاح إلى أعماق التربة. لسوء الحظ فان الكثير من الأراضي الصحراوية يكون ضحلا وتوجد تحت طبقات لاينفذ منها الماء. ماء الري الذي لايتبخر يتراكم في التربة ويرتفع مستوى الماء الأرضي ببطء إلى السطح (إن لم يكن إلى النقطة التي يستعمل عندها الري ثم يسرى إلى أسفل الوادي). وسرعان ما تمتلئ الحقول بالماء المالح وإذا لم تتخذ خطوات لتصرف هذا الماء فان الإنتاجية تتدهور بسرعة.

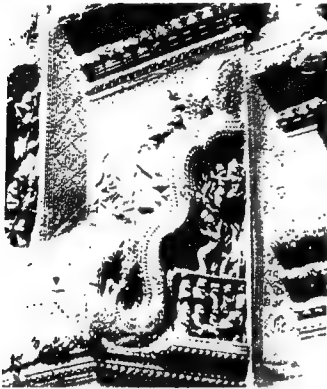
سد أسوان عند أعلى النيل في مصر تم بناؤه على أمل أن الماء المحتجز خلفه يمكن

أن يفتح مساحات شاسعة جديدة أمام الزراعة بالرى . وإلى اليوم لم يحقق هذا المشروع آمال مخططيه . فمعدل البحر المرتفع على غير العادة في المنطقة يجعل من الزراعة بالرى مجازفة محفوفة بالمخاطر للأسباب التي ذكرناها . معدلات البحر مرتفعة في الواقع (تصل إلى ٢٥٠ سم أو ١٠٠ بوصة من الماء في السنة) لدرجة أن البحيرة التي نشأت خلف السد لا تمتليء كما كان متوقعا لها . قبل بناء السد كان الفيضان السنوي للنيل يجلب معه الغرين silt والمعادن إلى الأراضي الواقعة أسفل النهر فيحافظ على خصوبتها . والان لا يحدث الفيضان وقد أصبحت إنتاجية هذه الأراضي - التي تزرع منذ مايزيد على ستة آلاف سنة - فجأة معتمدة على الاستخدام المكثف للأسمدة . في المدى الطويل قد لا تكون الإنتاجية الزراعية الكلية لمصر أكبر مما كانت من قبل .

مكان آخر يمكن أن نبحث فيه عن أراضي قابلة للزراعة هو هذا الجزء الكبير من سطح الأرض الذي تغطيه التلال والجبال . معظم الأراضي المنحدرة تستخدم فقط لزراعة الأشجار أو لرعى الحيوانات . ومع ذلك فمحاولات زيادة إنتاج العالم من الغذاء بتحويل هذه الأراضي إلى زراعة المحاصيل التقليدية هي مخاطرة في أحسن الأحوال . فالترية الزراعية تتعرض بشدة للتآكل بفعل الرياح والماء وتزداد هذه القابلية للتآكل زيادة لوغاريتمية مع زيادة الانحدار . وبينما كانت زراعة المصاطب حلا لهذه المشكلة منذ فجر الزراعة إلا أنها تعيق الميكنة الزراعية على نطاق واسع . وأفضل وسيلة للمحافظة على إنتاجية الأراضي المنحدرة هي جعلها مغطاه دائما بالتججيلات أو الأشجار .

ربما كانت أعز أمانى أولئك الذين يبحثون عن أراضي جديدة للزراعة مركزة في المساحات الشاسعة من الأدغال في أفريقيا وأمريكا الجنوبية . فهذه المناطق جيدة الإنتاجية ولكن التربة نفسها ليست كذلك . فبسبب المطر الغزير تغسل المواد المغذية بسرعة من التربة السطحية ما لم تدخل إلى نباتات الغابة . وكلما تساقطت نفايات النباتات والحيوانات على الأرض فإنها تتحلل بسرعة بسبب الدفء والرطوبة . ما يحدث إذن هو أن غطاء الغابة يمسك بالجزء الأكبر من المواد المعدنية ولبت التربة نفسها تمسك بها . فإذا أزيلت الغابة لمحاولة الزراعة فإن التربة تفقد خصوبتها بسرعة .

يزداد الموقف سوءا بغياب الدوبال (قد لا يكون سمك التربة السطحية أكثر من



الشكل (١٨-٣٨): زخارف معقدة تزين أعلى واجهة معبد أنوروات في كمبوديا. أنشئ المعبد منذ حوالي ألف سنة أثناء حضارة الخمير المنقرضة مواد البناء هي الحجر الرمل واللاتريت وهو يشبه مادة الطوب ويتج عندما تتعرض التربة المحلية للشمس. يقال إن حضارة الخمير فشلت لأن التربة اللاتريتي في المنطقة لم تصلح للزراعة الناجحة. (بتصريح من خوت خور، الارسالية الدائمة لجمهورية الخمير لدى الأمم المتحدة).

بوصتين) والمحتوي العالي من الحديد والألمنيوم في معظم هذه الأراضي. وبمجرد أن تتعرض هذه التربة المسية باللاتريتيّة *lateritic soil* للشمس فإنها تتحول إلى مادة تشبه المطلوب ولا تصلح ببساطة لأي زراعة (الشكل ١٨-٣٨). وقد فشلت جميع المحاولات تقريبا لزراعة مثل هذه التربة اللاتريتيّة بما يمكن أن نسميها بالزراعة التقليدية. ولكن كما تعلمنا من قبائل التسيماجا (أنظر القسم ٢-٣٨)، فإن أراضي الأدغال يمكن أن تكون منتجة. فما زال أقدم الطرق (البعض قد يسميها أكثرها بدائية!) للتعامل مع هذه التربة هو أفضلها: إزالة الأحراش من مساحة صغيرة من الغابة، ثم زراعة المحاصيل لسنة واحدة أو سنتين فقط، ثم تركها للغابة مرة أخرى. وبهذه الطريقة يمكن تفادي تحويل التربة إلى لاتريتيّة والمحافظة على خصوبتها الهشة.

لقد فشلت محاولات تصدير التكنولوجيا الزراعية الخاصة بمنطقة وتطبيقها في منطقة أخرى أكثر مما نجحت. العوامل التي تؤثر في الزراعة الناجحة - المواد الغذائية، والماء، والأفات، وطول موسم النمو ودرجة الحرارة، وقابلية المزارعين المحليين للأقلية، والتربة، - تختلف من منطقة إلى منطقة. ولن تأتي أي تحسينات في الإنتاجية إلا من

البحث الدقيق في الموقع ومعظم هذه التحسينات لن تكون سوى مكاسب متفرقة وليست فلتات هائلة .

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

توجد الذرات والجزيئات التي تتكون منها الكائنات الحية بكميات محدودة . وقد دامت الحياة لأكثر من ثلاثة بلايين سنة لأنه كلما ماتت هذه الكائنات وتحللت فإنه يعاد استخدام هذه المواد .

ينطلق ثاني أوكسيد الكربون من المادة العضوية بالتنفس والتحلل والاحتراق . ويدخل ثاني أوكسيد الكربون في مادة عضوية جديدة بالبناء الضوئي .

ينطلق الأوكسجين في البيئة (الغلاف الجوي والماء) بالبناء الضوئي ويؤخذ منها بعملية التنفس الخلوي .

على الرغم من أن النتروجين الحر (N_2) يكون ٧٩٪ من الغلاف الجوي للأرض فإن بعض بدائيات النواة فقط تستطيع تثبيت هذا النتروجين في صور يمكن استخدامها في تخليق البروتينات والمركبات النتروجينية الأخرى . بعض بدائيات النواة هذه تقوم بتثبيت النتروجين فقط عندما تكون مرتبطة بنباتات مثل البقوليات . النباتات التي ليست لها مثل هذه العلاقة التكافلية تعتمد على النترات الموجودة في التربة . اتاحة النتروجين المثبت غالباً ما تكون هي العامل المحدد في النظم البيئية الأرضية والمائية .

الفوسفور هو العنصر الرئيسي الوحيد في المادة الحية الذي يمر بدورة هون أن يستفيد من الغلاف الجوي . في بعض النظم البيئية يكون الفوسفور وليس النتروجين هو العامل الغذائي المحدد .

أقل من ١٪ من الماء الموجود على كوكب الأرض يكون متاحاً في صورة سائلة وعذبة . ليس فقط الكائنات التي تعيش في المياه العذبة ولكن كل الكائنات الأرضية كذلك تعتمد في بقائها على هذا الماء . يغادر الماء العذب النظم البيئية الأرضية بالبحر ويذهب إلى البحر . وهو يعود إليها على هيئة مطر يسقط من الغلاف الجوي .

تعتمد النباتات على التربة التي تنمو فيها للحصول على الماء والأملاح المعدنية . وعلى

ذلك تكون التربة عامل محدد أساسي للإنتاجية. كمية المطر الساقط على التربة تحدد خصوبتها. حيثما تزيد كمية المطر عن ١٠٠ سم/سنة فإنه يغسل الأملاح المعدنية من التربة إلى أعماق الطبقة التحتية بعيدا عن متناول جذور النباتات. في المناطق الجافة (أقل من ٢٠ سم/سنة) تتراكم الأملاح المعدنية في التربة السطحية وقد تجعلها أكثر ملوحة من احتمال معظم النباتات. أكثر الأراضي خصوبة هي التي تتلقى ٥٠-٧٠ سم من المطر في السنة.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - أذكر أربعة أنواع مختلفة من البكتيريا التي تشارك في دورة النتروجين وأذكر بالتحديد ما يؤديه كل نوع.
- ٢ - ماهي النسبة المثوية بالوزن للنتروجين في عينة من سباد ٨-٦-٤؟
- ٣ - لماذا تحتاج النباتات إلى النترات والفوسفات؟
- ٤ - كم ميليليجرام بالتقريب من ثاني أكسيد الكربون توجد في كل جرام من الهواء؟
- ٥ - في خلال موسم نمو واحد (مائة يوم) نتج حقل الذرة كمية من الماء تكافيء طبقة عمقها ٦٠ سم. ماهو مقدار الطاقة الشمسية (بالكيلو سعر/م^٢) الذي لزم لذلك؟ ماهي نسبة هذه الكمية إلى الكمية الكلية للطاقة الإشعاعية التي تسقط على الحقل؟
- ٦ - لماذا تكون الطبقة العليا من التربة في المراعى أكثر سمكا بكثير عنها في الغابة الإستوائية المطيرة؟
- ٧ - تم تحديد الوقت اللازم لتحلل النفايات العضوية (مثل الأوراق حديثة التساقط) وإنعاجها في الطبقة العليا للتربة في أربعة نظم بيئية مختلفة هي: الغابة الإستوائية المطيرة، الغابة النفضية المعتدلة، التايجا، والمراعي وكانت القيم (ليس بنفس الترتيب) على النحو التالي: سنة، ثلاث سنوات، سبع سنوات، ستة أسابيع. ضع لكل نظام بيئي القيمة المناسبة له.

REFERENCES

المراجع

- 1 - BOLIN, B , "The Carbon Cycle," Scientific American, Offprint No 1193, September, 1970.
- 2 - CLOUD, P., and A GIBOR, "The Oxygen Cycle," Scientific American, Offprint No. 1192, September, 1970
- 3 - DELWICHE, C C . "The Nitrogen Cycle," Scientific American, Offprint No. 1194, September, 1970
- 4 - DEVEY, E S , JR , "Mineral Cycles," Scientific American, No. 1195, September, 1970. All of the above articles can also be found in The Biosphere, Freeman, San Francisco, 1970 Available in paperback
- 5 - WOODWELL, G. M ., "The Carbon Dioxide Question," Scientific American, Offprint No. 1376, January, 1978. Examines the current increase in atmospheric carbon dioxide and the dangers this poses of future climatic change.
- 6 - LIKENS, G.E., R.F. WRICHT, J. N GALLOWAY, and T.J. BUTLER, "Acid Rain," Scientific American, Offprint No. 941, October, 1979.
- 7 - BORMANN, E. H., and G.E. LIKEMS, "The Nutrient Cycles of an Ecosystem," Scientific American, Offprint No. 1202, October, 1970. How the input and output of minerals were measured in a forest in New Hampshire.
- 8 - JANICK, J., C.H. NOLLER, and C.L. RHYKERD, "The Cycles of Plant and Animal Nutrition," Scientific American, September, 1976. Also available in Food and Agriculture: A Scientific American Book, Freeman, San Francisco, 1976.
- 9 - AMBROGGI, R. P., "Water," Scientific American, Offprint No. 735, September, 1980.
- 10- PENMAN, H. L., "The Water Cycle," Scientific American, Offprint No. 1191, September, 1970.
- 11- KELLOGG, C. E., "Soil," Scientific American, Offprint No. 821 July, 1950.
- 12- MCNEIL, MARY, "Lateritic Soils," Scientific American, Offprint No. 870, November, 1964.

-
- 13- REVELLE, R., "The Resources Available for Agriculture," Scientific American, September, 1976. Also available in Food and Agriculture: A Scientific American Book, Freeman, San Francisco 1976.
 - 14- REVELLE, R., "Carbon Dioxide and World Climate," Scientific American, Offprint No. 962, August, 1982.

CHAPTER 39

الباب التاسع والثلاثون

نمو العشائر

THE GROWTH OF POPULATIONS

THE HUMAN POPULATION	العشيرة البشرية	١-٣٩
THE PRINCIPLES OF POPULATION GROWTH	أسس نمو العشائر	٢-٣٩
DENSITY-INDEPENDENT CHEKS ON POPULATION GROWTH	العوامل غير المعتمدة على الكثافة لكبح نمو العشائر	٣-٣٩
DENSITY- DEPENDENT CHEKS ON POPULATION GROWTH	العوامل المعتمدة على الكثافة لكبح نمو العشائر	٤-٣٩
COMPETITION FOR FOOD	التنافس على الغذاء	
REPRODUCTIVE COMPETITION	التنافس التكاثري	
MIGRATION	الهجرة	
PREDATION AND PARASITISM	الافتراس والتطفل	
THE CARRYING CAPACITY OF THE ENVIRONMENT	طاقة تحمل البيئة	٥-٣٩

R, STRATEGIES AND K, STRATEGIES	٦٣٩-٦٤٠ إستراتيجيات ر واستراتيجيات ك
IN CONCLUSION	٣٩-٧٠ في الختام
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل
REFERENCES	المراجع

الباب التاسع والثلاثون

نمو العشائر

(أو الزيادة السكانية)

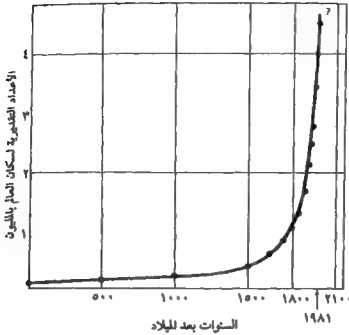
THE HUMAN POPULATION

١٣٩ . العشيرة البشرية

العشيرة هي كل أفراد النوع الواحد الذين يعيشون في وقت واحد في مساحة معينة . دعنا نلقي نظرة سريعة على العشيرة البشرية التي تسكن كل الكرة الأرضية كمقدمة للأسس العامة لنمو العشائر .

الشكل ١٣٩ هو رسم بياني به تقديرات لحجم البشرية في العالم خلال الألفي سنة الأخيرة . على خلاف الكثير من الرسوم التوضيحية الأخرى في هذا الكتاب كان لابد من إعادة رسم هذا الشكل مع كل طبعة جديدة . وفي كل مرة كان التغير يتمثل في مد الخط المتصل إلى الخط المنقط وذلك بسبب أنه مع كل طبعة كان التقدير الجزأ في يتحقق عند صدور الطبعة الجديدة .

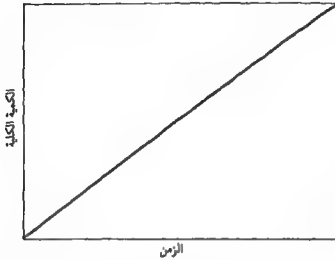
كما ترى فإن حجم العشيرة البشرية يزداد بسرعة كبيرة في الوقت الحاضر ولكن شكل هذا الرسم البياني يقول لنا ما هو أكثر من ذلك بكثير . فإذا كان حجم العالم يزداد دائماً بعدد معين من الأفراد في خلال فترة زمنية معينة لكان هذا المنحنى قد أخذ شكل المستقيم الذي له ميل متزايد (الشكل ٢٣٩) . وسوف يعتمد ميل هذا الخط على ضخامة الزيادة في حجم العشيرة . شكل المنحنى في الشكل ١٣٩ يدل على أن الزيادة المرحلية في حجم العشيرة كانت تتزايد مع كل فترة زمنية تمر . ولكي ندرس بعض الأرقام الفعلية دعنا نفحص التاريخ الحديث للعشيرة في المكسيك .



الشكل (١٠٣٩): زيادة
العشيرة الأنسانية.
التقديرات منذ عام ١٨٠٠
مبينة هن بيانات أكثر دقة عن
ذي قبل.

قدّرت العشيرة في المكسيك عام ١٩٧٣ بـ ٥٦,٢ مليون نسمة. وفي عام ١٩٧٤ ارتفع الرقم إلى ٥٧,٣ مليون نسمة. ١,١ مليون نسمة في هذه السنة. في عام ١٩٧٥ كان التعداد ٥٩,٢ مليون نسمة، أي أن الزيادة (١,٩ مليون) كانت أكبر مما كانت عليه في السنة السابقة. وكان التعداد في عام ١٩٧٦ هو ٦٢,٣ مليون نسمة أي زيادة قدرها ٣,١ مليون نسمة خلال تلك السنة. إذن لم يكن التعداد يتزايد فقط من سنة إلى سنة، ولكن حجم الزيادة السنوية كان هو أيضا يتزايد.

لقد أصبح النمو السريع والمطرّد للعشيرة البشرية في العالم مصدر قلق كبير لكل شخص قادر على التفكير. إلى متى سوف يستمر هذا الاتجاه؟ إلى مالا نهاية؟ بالقطع لا. ولكن حتى لو استمر لمدة أربعين عاما أخرى فإن تعداد العالم سوف يتصاعد من ٤,٥ إلى ٩ بليون نسمة. ماهو حجم العشيرة التي يمكن أن تتحملها مصادر العالم؟ ماهو حجم العشيرة التي تستطيع أن تحيا حياة كريمة على هذا الكوكب؟ ببساطة لا نعرف. بعض علماء السكان (أي دارسو العشائر) يدعون أننا قد تجاوزنا بالفعل هذا العدد. البعض الآخر يقول بأن الأرض تستطيع أن تستوعب عدة بلايين أخرى. في الواقع، هناك الكثير من العوامل المجهولة والتي لا يمكن التنبؤ بها حتى يمكن أن نصل إلى تقديرات يُعتمد عليها. ومع ذلك فإنه يمكننا أن ندرس بعض



الشكل (٣٩-٢): الزيادة الخطية. إذا أقرضت أحد الأفراد مائة دولار بنسبة فائدة ٦٪ في السنة فإن الشكل البياني لزيادة دخلك يكون على هذه الصورة. نادراً ما تنمو العشائر بهذه الطريقة.

أسس ديناميكية العشائر قريباً وصلنا من ذلك إلى فهم أفضل لما حدث وأدى إلى الموقف الراهن وما يمكن أن يحمله المستقبل بين طياته.

٢٠٣٩. أسس نمو العشائر

PRINCIPLES OF POPULATION GROWTH

للمساعدة على إستيعاب نمو العشائر، فكر فيما يحدث في مدينتك. تخيل أنك بدأت تتابع إعلانات المواليد في الجريدة لمدة عام. في نهاية العام قمت بقسمة العدد الكلي للمواليد على عدد الآلاف من الناس في مدينتك. النتيجة هي معدل المواليد birth rate مقدراً بعدد المواليد لكل ألف نسمة في السنة. فإذا كانت مدينتك تمثل المتوسط بالنسبة للولايات المتحدة فإن هذا الرقم سوف يكون ١٦. والآن عليك أن تفعل نفس الشيء مع إعلانات الوفاة. عدد الوفيات لكل ألف نسمة في نهاية السنة هو معدل الوفيات death rate لهذه السنة. المتوسط الحالي للولايات المتحدة هو ٩ إذن ماذا حدث في مدينتك خلال سنة؟ إنها قد نمت بمقدار الفرق بين معدل المواليد ومعدل الوفيات. بالنسبة للدول كلها هذا الفرق هو ٧ لكل ألف. بالصورة العشرية يكون $\frac{7}{1000} = 0.007$ في السنة. هذه القيمة تسمى معدل الزيادة الطبيعية أو (r).

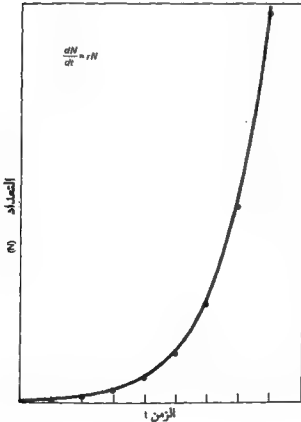
معدل المواليد - معدل الوفيات = معدل الزيادة الطبيعية (r).

ولكن من المؤكد أنه خلال هذه السنة ينتقل بعض الناس إلى المدينة ويتنقل بعض

الناس منها . فإذا كانت هناك هجرة صافية فإن ذلك لا بد أن يؤخذ أيضا في الاعتبار .

من أجل تبسيط التحليل ، دعنا نغفل تعقيدات الهجرة . فمن المؤكد أنه بالنسبة للعالم ككل لا يكون للهجرة أي اعتبار . فإذا كانت مدينتك تزيد كل سنة بعدد ثابت من الناس فإن التعداد سوف يزيد ولكن شكل الرسم البياني لهذه الزيادة سوف يشبه الشكل ٣٩-٢ . هذا سوف يكون نمو بطريقة «الأرباح البسيطة» . ولكن العشائر لاتنمو بهذه الطريقة . فكما سبق أن أوضحنا فإن ناتج الزيادة يزيد هو نفسه . وعلى ذلك فنمو العشائر هو مشكلة تشبه الأرباح المركبة .

تعداد السنة القادمة = تعداد السنة الحالية + r (تعداد السنة الحالية)
عند نهاية كل سنة (أو أي فترة زمنية تختارها) فإن الأساس الذي يحسب به المعدل يكون هو نفسه قد زاد . جرب ذلك بنفسك . مهما كانت الأرقام التي تختارها فإن الرسم البياني للتعداد مع مرور الزمن سوف يعطيك منحنى يشبه ذلك الموجود في الشكل ٣٩-٣ .



وعلى ذلك فانه يمكننا أن نتنبأ بنمو العشيرة تماما كما يمكننا أن نتنبأ بالزيادة المطردة دائما في حساب توفير إذا ماتركت الأرباح لتتراكم فيه . هناك عدة تحسينات يمكن ادخالها على طريقة الحساب . فبنوك التوفير تعلن عن الأرباح كل فترة زمنية محددة وليكن

الشكل (٣٩-٣): الزيادة الأسية . مع القيمة الموجبة لـ r (مهما كانت صغيرة) فإن زيادة N سوف تتسارع مع الزمن .

كل شهر مثلاً. فإذا كان البنك يعطيك أرباح سنوية بنسبة ٦٪ فإن الأرباح في حسابك تحسب في نهاية كل شهر بضرب الرصيد في ٠,٠٠٥ (٠,٠٦ ÷ ١٢). هذه الطريقة تعطيك عائد سنوي أفضل قليلاً مما تحصل عليه من حساب الأرباح على أساس مرة واحدة في السنة (الشكل ٣٩-٤). وربما كان البنك الذي تتعامل معه قد بدأ يقدم نظام الأرباح المركبة اليومية ويعلن بكل فخر أن ذلك يمنحك نسبة أرباح فعلية أفضل قليلاً من النسبة السنوية. ولكن الحسابات المتكررة (رصيد اليوم = رصيد الأمس + ٠,٠٦ / ٣٦٥ = رصيد الأمس) تكون مرهقة على أقل تقدير. أكثر من ذلك فإن العشائر لا تنمو على دفعات سنوية أو شهرية أو حتى يومية، ولكنها تنمو طول الوقت. إذا كنت قد درست حساب التفاضل والتكامل فانك سوف تعرف أنه يقدم لنا طريقة لحل مثل هذه المسائل. فنحن نعتبر عن مسألة الأرباح المركبة أو مسألة نمو العشائر بالمعادلة:

$$\left(\frac{dN}{dt} \right) = rN \quad \text{معدل النمو للعشيرة في أي لحظة.}$$

حيث r هي معدل الزيادة الطبيعية في فترة زمنية معينة (t) ، N هو عدد أفراد العشيرة في لحظة معينة. شكل مفيد لهذه المعادلة التفاضلية هو: $N = N_0 e^{rt}$ حيث N_0 هو عدد أفراد العشيرة في البداية، N هي عدد أفراد العشيرة بعد فترة زمنية معينة (t) و e

الشكل (٣٩-٤): زيادة مائة دولار بنسبة ربح مركبة مقدارها ٦٪.

زيادة سنوية	زيادة شهرية	زيادة مستمرة*
١٠٦,٠٠	١٠٦,١٧	١٠٦,١٨
١١٢,٣٦	١١٢,٧٢	١١٢,٧٥
١١٩,١٠	١١٩,٦٧	١١٩,٧٢
١٢٦,٢٥	١٢٧,٠٥	١٢٧,١٢
١٣٣,٨٢	١٣٤,٨٩	١٣٤,٩٩
عند نهاية السنة الأولى		
عند نهاية السنة الثانية		
عند نهاية السنة الثالثة		
عند نهاية السنة الرابعة		
عند نهاية السنة الخامسة		

* باستخدام المعادلة

هو الثابت ٢,٧١٨٢٨ (وهو الأساس للوغاريتمات العادية). على هذه الصورة يكون لدينا معادلة نستطيع بسرعة أن نتنبأ عن طريقها بنمو العشائر (ونمو حساب التوفير الخاص بك - الشكل ٣٩-٤) خاصة إذا كانت لدينا آلة حاسبة. وعند تمثيل النتائج بيانيا نحصل على شكل مشابه للشكل ٣٩-٣. هذا الشكل يسمى المنحنى الأسّي للنمو exponential growth curve لأنه يعكس نمو عدد مرفوعاً إلى أس وهو (rt).

والآن قد تشعر أننا لم نجعل حساب التوفير الخاص بك ينمو بسرعة كبيرة. ولكن بدلاً من مائة دولار دعنا نسمح لمائة فرد بالنمو بنفس نسبة الأرباح المركبة (وهي ٠,٠٦ في السنة) لمدة ٤٠٠ سنة. (هذه القيمة أعلى بكثير من القيمة الحالية للعالم وهي ٠,٠١٧ ولكنها غير مستعصية على التحقيق. ففي عام ١٩٧١ كادت الكويت أن تصل إلى هذه النسبة حيث كانت قيمة ٢ هي ٠,٠٥٩). عند نهاية السنة الأولى يكون هناك ١٠٦ نسمة فقط. وبعد عشر سنوات لا يكون هناك سوى ١٨٢ نسمة فقط ولكن بعد مائة سنة يكون التعداد قد ارتفع إلى ٤٠٠٠٠ نسمة وفي نهاية القرن التالي يكون التعداد أكثر من ١٦ مليون فرد. وبنهاية القرن الثالث يصل العدد إلى ستة بلايين. وأخيراً وبعد مرور ٤٠٠ سنة يفوق التعداد ٢ تريليون شخص (٢ × ١٠^{١٢}). هذا هو ما يؤدي إليه النمو الأسّي.

في هذا المثال استغرق الوصول إلى أعداد مذهلة من الناس عدة مئات من السنين ولكن ذلك سببه أننا بطيئاً التكاثر نسبياً. بكتريا القولون. *E. coli*، التي تضاعف وزنها وتنقسم كل ٢٠ دقيقة، تستطيع أن تغطي سطح الأرض بالكامل في غضون أيام قليلة إذا لم تجد ما يوقف تكاثرها. وعلى ذلك، فانه سواء كانت الكائنات سريعة أو بطيئة التكاثر فان لهم جميعاً القدرة النظرية على زيادة أعدادهم حتى أقصى الحدود التي تسمح بها بيئاتهم.

ولكن هل تستمر العشائر فعلاً في مواصلة هذا النمو الأسّي بهذه الصورة؟ يأتي الجواب في جزئين: (أ) نعم، أحياناً. والوقت الحالي هو أحد هذه الأحيان بالنسبة للعشيرة البشرية، كما ترى في الشكل ٣٩-١. ولكن (ب) لفترة محدودة فقط وليس إلى ما لا نهاية مطلقاً. ماذا يحدث إذن لوضع نهاية للنمو الأسّي للعشائر؟

٣-٣٩. العوامل غير المعتمدة على الكثافة

DENSITY - INDEPENDENT CHECKS
ON POPULATION GROWTH لكبح نمو العشائر

غالباً ماتعمل الأهواء المتقلبة للظروف الطبيعية على كبح الزيادة السكانية. فالجفاف ودرجات الحرارة المتجمدة والفيضانات وحرائق الغابات والانبيارات الأرضية وما إلى ذلك، كلها تعمل في هذا الاتجاه. وعادة لا تكبح هذه العوامل استمرار الزيادة السكانية وإنما تسبب أعداد هائلة من الوفيات تنقص أعداد السكان إلى مادون مستوياتها السابقة. فمثلاً، بداية الجو المتجمد في الخريف تؤدي إلى نقص ضخّم في عشائر عدد كبير من أنواع الحشرات. هذه العوامل توصف بأنها غير معتمدة على الكثافة لأنها تمارس تأثيرها بصرف النظر عن حجم السكان وقت وقوع الكارثة.

DENSITY-DEPENDENT CHECKS
ON POPULATION GROWTH٤-٣٩. العوامل المعتمدة على الكثافة
لكبح نمو العشائر

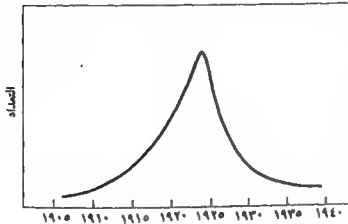
COMPETITION FOR FOOD

التنافس على الغذاء

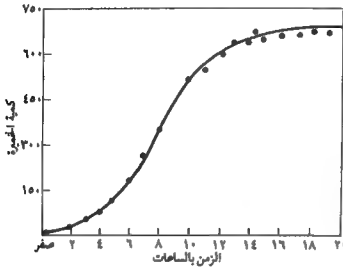
في صيف عام ١٩٨٠ هاجمت أسراب ضخمة من فراشات الغجر (*Porthetria dispar*) معظم شرق ولاية ماساشوسيتس. وكما هو الحال عادة مع الحشرات قشرية الجناح (*lepidoptera*)، فإن الشهية الكبيرة لليرقات هي التي تسبب مشاكل. يرقات الفراشة الغجرية تفضّل أوراق البلوط ولكنها يمكن أن تلتهم أي نبات (حتى الأفي السام) إذا لم تجد غذاءها المفضل. ويحلول منتصف الصيف كان تكوين الشرائق قد اكتمل وتزاوجت الحشرات البالغة ووضعت الأنثى كتل البيض (كل كتلة تحتوي على عدة مئات من البيض) على كل شجرة تقريباً في المنطقة. في أوائل عام ١٩٨١ فقسّت الفراشات الصغيرة التي تكونت في كتل البيض وبدأت في التهام الغذاء. وكانت النتائج فظيعة. ففي خلال ٧٢ ساعة كانت شجرة الزان التي يبلغ ارتفاعها ٥٠ قدم أو شجرة الصنوبر الأبيض التي يصل ارتفاعها ٢٥ قدم تصبح خالية تماماً من الأوراق. وقد أخذت مساحات شاسعة من الغابة مظهر منتصف الشتاء (فيما عدا الحشائش والأعشاب التي تغطي قاع الغابة). كانت الإصابة شديدة لدرجة أن الأشجار في

مساحات ضخمة فقدت كل أوراقها تماما قبل أن تكمل الفراشات تطورها. وكانت نتيجة ذلك هي وفاء أعداد هائلة من هذه الحيوانات. لم تنجح سوى أعداد قليلة في إكمال التحول. هنا إذن مثال واضح لتأثير التنافس على مصدر محدود - وهو الغذاء في هذه الحالة - سببه الانخفاض الحاد في أعداد العشيرة. ومن الواضح أن هذا التأثير يعتمد على كثافة السكان. لقد سمحت الكثافة السكانية الأقل في الصيف السابق لمعظم الحيوانات بإكمال دورة حياتها.

ظاهرة مماثلة تتضح من الشكل ٣٩-٥. هذا الرسم البياني يوضح صعود وهبوط أعداد الغزلان ما بين عام ١٩٠٧ وعام ١٩٣٩ في عمية جراندي كانيون الوطنية بولاية أريزونا. فقبل عام ١٩٠٧ كانت عشائر الغزلان مستقرة نسبيا ولكنها في هذا العام أخذت تتزايد بطريقة أسية. مازال هناك جدال حول الأسباب التي أدت إلى ذلك ولكن ربما كان من المهم أنه في خلال هذه الفترة بدأ برنامج لمكافحة الحيوانات المفترسة والمنافسة فعند بدء إنشاء المحمية تم إستبعاد آلاف من الأغنام والماشية - التي تنافس الغزلان على الغذاء - منها. وما بين عامي ١٩٠٧، ١٩٣٩ تم قتل ٣٠ ذئب، ٨١٦ أسد أمريكي، ٨٦٣ شوق، ٧٣٨٨ ضبع. وبحلول عام ١٩١٨ كانت عشائر الغزال قد قصت على المرعى حتى انه في عام ١٩٢٤ لم يعد هناك غذاء يكفى لكل العشائر في الشتاء حتى مائت الالاف من الغزلان جوعا في الشتاء الذي تلاه. وعلى الرغم من أن قتل الحيوانات المفترسة استمر حتى ١٩٣٩ فان عشيرة الغزال لم تفق من هذا السقوط. ربما كان الرعى الجائر قد أدى إلى تدهور المراعي لدرجة أن نقص الغذاء أصبح هو العامل المحدد لنمو العشيرة.



الشكل (٣٩-٥): التغيرات في عشيرة الغزال في عمية جراندي كانيون الوطنية. على الرغم من تباين التقديرات للأعداد الفعلية للغزال عند قمة الانفجار السكاني في المحمية بين ٣٠ و ١٠٠ ألف فان معظم المراقبين يتفقون على أن العشيرة مرت بلورة الازدهار والانفجار التي يوضحها هذا المنحى.



الشكل (٦-٣٩): نمو
عشيرة من الخميرة في مزرعة
هذا النوع من منحنى النمو
غالباً يسمى منحنى سيجما أو
شكل حرف S.

عشائر أخرى كثيرة، وخاصة عشائر القوارض، تمر بانتظام بمثل هذه المراحل من الصعود والهبوط. من أشهر الأمثلة على ذلك الهجرات الدورية لحيوان اللاموس *lem-ming* والتي تميز كل منها نهاية مرحلة من النمو الأسّي. نتيجة ثانية محتملة للنمو الأسّي مبنية في الشكل ٦-٣٩. هذا المنحنى يوضح نمو عشيرة من خلايا الخميرة تعيش في دورق بالمعمل. بعد فترة من النمو الأسّي يبدأ حجم العشيرة في الثبات عند مستوي معين وسرعان ما يصل إلى حالة استقرار.

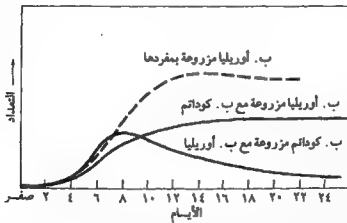
ماذا حدث؟ يمكن العثور على اجابة إذا أضفنا إلى الدورق كمية جديدة من الوسط الغذائي. عندها يبدأ النمو الاسمي مرة أخرى حتى يصل إلى هضبة جديدة أعلى. من الواضح أن معدل نمو هذه العشيرة يتدنى كلما اقتربت كثافة العشيرة من قيمة حرجة. ربما ارتفع معدل الوفيات، ربما انخفض معدل المواليد، وربما كلاهما في أي من الحالتين أو في كليهما معاً فإن قيمة r تتدنى. عندما تكون $r = 0$ فإن $dn/dt = 0$ وتوقف العشيرة عن النمو. حينئذ يقال أن الخميرة قد وصلت إلى النمو الصفري للعشيرة (ZPG) zero population growth.

لماذا يرتفع معدل الوفاة في عشيرة مزدهرة من الخميرة؟ أحد الاحتمالات الواضحة هو المجاعة كلما استهلك السكر الموجود في الوسط الغذائي. احتمال آخر هو أن خلايا الخميرة تسمم بعضها البعض بما تفرزه من نفايات الأيض. وهذا هو ما يحدث بالفعل في هذه الحالة فالنفاية الاساسية للأبيض في الخميرة هي الايثانول وعندما يصل تركيزه

١٢-١٤٪ تموت الحميرة. هنا إذن تأثيران، التنافس على الغذاء وتلويث البيئة. يوقفان نمو العشيرة. في كل الحالات الثلاث كانت المنافسة بين أفراد من نفس النوع، أي أنها كانت داخل النوع intraspecific.

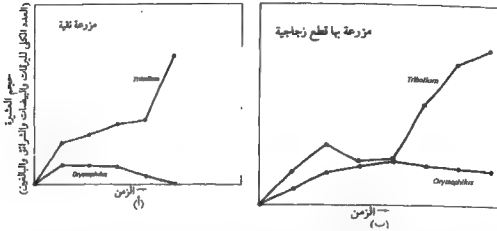
يمكن كذلك تحديد نمو العشيرة بمنافسة بين نوعية interspecific أي منافسة بين أفراد من نوعين أو أكثر تحاول إستغلال نفس المصدر. من أوائل التجارب التي أجريت لتوضيح ذلك هي الدراسة العملية التي قام بها العالم الروسي ج. ف. جاوس فقد درس حجم العشائر لنوعين من الباراميسيوم فعندما زرع كل منهما على حدة مع إضافة غذاء جديد بصورة منتظمة نمت العشيرة أسبياً في البداية ثم توقفت عن النمو عند حد معين. ومع ذلك عند زراعة النوعين معا كان الباراميسيوم كوداتم هو المنافس الأضعف فبعد فترة وجيزة من النمو الأسبى بدأت عشيرته في الاضمحلال وأخيرا إنتهت تماماً. عشيرة النوع الثاني (باراميسيوم أوريليا) وصلت إلى هضبة ولكن طالما كان باراميسيوم كوداتم موجود فإن هذه الهضبة تكون أقل بكثير من الكثافة التي تصل إليها العشيرة حينما تنمو منفردة (الشكل ٣٩-٧).

ربما كانت النتائج المبينة هنا للتنافس بين الأنواع غير منطبقة تماماً على المجتمعات الطبيعية. فعادة تضم المجتمعات الطبيعية أنواع أكثر بكثير بينها درجات متفاوتة من التنافس. يضاف إلى ذلك أن وجود الطفيليات والكائنات المفترسة في هذه المجتمعات



الشكل (٣٩-٧): تأثير التنافس بين الأنواع على حجم العشيرة عند زراعة ب. أوريليا و ب. كوداتم معا فإن عشيرة ب. أوريليا تنفشل في الوصول إلى نفس المستوى العالي الذي تصل إليه إذا زرعت بمفردها (المتحان العلوي واللاوسط) وعند زراعة ب. كوداتم في

مزرعة مختلطة فإن أعدادها تزيد لفترة ولكنها تعود إلى التناقص في مواجهة التنافس من ب. أوريليا حتى تموت في النهاية. (مبني على بيانات ج. ف. جاوس: الصراع من أجل البقاء ويليامز، ويلكنز - بالتيمور ١٩٤٣).



يحد من نمو عشائر الأنواع الأكثر والأقل نجاحا. كما أن بيئة معظم العشائر الطبيعية تكون أكثر تعقيدا بكثير من دورق المزرعة. ففي البيئة المعقدة قد يكون النوع الأكثر نجاحا في التنافس في بقعة معينة أقل نجاحا في التنافس في بقعة أخرى وعلى ذلك، فإن المنافس الأقل فعالية في عشيرة طبيعية قد لا يتم القضاء عليه بالكامل (الشكل ٨-٣٩) وفي هذه الحالة فإن الانتخاب الطبيعي يعمل لصالح أي تغيرات تطورية تقلل من درجة التنافس بين النوعين وتكون النتيجة هي إنتخاب موجه لذلك يمكن دراسة التنافس بين الأنواع من زاويتين: المؤثرات البيئية التي تعمل لفترة زمنية قصيرة نسبيا والمؤثرات التطورية التي تحدث على مدى أزمنة أطول. وسوف نمود إلى الأهمية التطورية للتنافس بين الأنواع في الباب التالي (القسم ٦-٤٠).

يحد من نمو عشائر الأنواع الأكثر والأقل نجاحا. كما أن بيئة معظم العشائر الطبيعية تكون أكثر تعقيدا بكثير من دورق المزرعة. ففي البيئة المعقدة قد يكون النوع الأكثر نجاحا في التنافس في بقعة معينة أقل نجاحا في التنافس في بقعة أخرى وعلى ذلك، فإن المنافس الأقل فعالية في عشيرة طبيعية قد لا يتم القضاء عليه بالكامل (الشكل ٨-٣٩) وفي هذه الحالة فإن الانتخاب الطبيعي يعمل لصالح أي تغيرات تطورية تقلل من درجة التنافس بين النوعين وتكون النتيجة هي إنتخاب موجه لذلك يمكن دراسة التنافس بين الأنواع من زاويتين: المؤثرات البيئية التي تعمل لفترة زمنية قصيرة نسبيا والمؤثرات التطورية التي تحدث على مدى أزمنة أطول. وسوف نمود إلى الأهمية التطورية للتنافس بين الأنواع في الباب التالي (القسم ٦-٤٠).

REPRODUCTIVE COMPETITION

التنافس التكاثري

يعتمد حجم (r) على معدل المواليد كما يعتمد على معدل الوفيات. ومن المحتمل أن إنتاج خلايا خيرة جديدة يتناقص كلما إزدادت المزرعة إزدحاما وكلما نقص إمداد الغذاء وعلى ذلك فإن معدل المواليد المتناقص يلحق بمعدل الوفيات المتزايد للوصول إلى النمو

الصفري للعشيرة. ولكن هل الوسيلة الوحيدة لكبح الطاقة التكاثرية لنوع ماهي بتحديد الغذاء والاحتياجات الأساسية الأخرى له؟ ربما لا .

نحن نعرف أن البشر يخططون عن عمد لتحديد النسل ولكن هل يحدث سلوك مناظر لذلك في الأنواع الأخرى من الحيوانات؟ ربما كان ذلك . تحت الظروف العملية تبين أن أحد أنواع الديدان المفلطحة ينتج أعداداً أقل من صغاره كلما زاد عدد البالغين في الوعاء . هذه الظاهرة والتي قد يسببها إفراز مادة مثبطة في الماء تحدث حتى مع وجود وفرة من الغذاء ، والأوكسجين والماء . ذبابات الفاكهة التي تعيش في تزاخم تضع بيضاً أقل . فتران التجارب التي تعيش في حيز محدود سرعان ما تصل إلى حجم ثابت للعشيرة على الرغم من وفرة الغذاء . يحدث ذلك نتيجة للارتفاع الحاد في وفيات الصغار فالعناية القليلة من الأمهات وحتى أكل الصغار يطيح بالكثير من المواليد .

ناقشنا في الباب السابع عشر عدد من الطرق التي يلجأ الأدميون إليها للحد من حجم أفراد الأسرة باستخدام التقنيات الحديثة . في مجتمعات الرفاهية بصفة عامة يتم تجنب أي محاولات متمردة لكبح الزيادة السكانية . ولكن ذلك لم يكن دائماً كذلك فاهمال الأمهات - أحياناً غير مقصود وأحياناً عن عمد - بل وحتى قتل الأطفال في بعض الأوقات وفي بعض الأماكن كانا من العوامل الهامة المؤثرة على الزيادة السكانية (أنظر مقالة Langer عن العوامل المحددة للزيادة السكانية في آخر هذا الباب) .

أسلوب بديل لتحديد عدد النسل لكل أب هو تحديد عدد الآباء . بعض الثدييات والطيور تحقق ذلك عن طريق تخصيص مساحات للتناسل فكل زوج يحتل مساحة تكفي لسد كل احتياجاته بما في ذلك احتياجات ذريته . يدافع أحد الأبوين أو كلاهما عن هذه المساحة ضد الدخلاء من أفراد نفس النوع . وبذلك فإنها لا يضمنان فقط أن المصادر التي يعتمدان عليها لن يتم تجاوزها ولكنها أيضاً يحافظان على حجم العشيرة بمنع التزاوج بين الأفراد الزائدين عن الحاجة . الإمتناع عن الزواج ، وهي ظاهرة ماثلة تكون أكثر إنتشاراً في المجتمعات التي تمر بأوقات صعبة (كما يدل على ذلك لانجر في مقالته) .

بصفة عامة فإن المجتمعات المنظمة باحكام تكبح الزيادة السكانية فيها بانقاص معدل المواليد وليس بالإستسلام لمعدلات مرتفعة من الوفيات . على الرغم من وجود

الكثير من الشغالات في خلية النحل بما يكفي لأداء كل الأعمال في الخلية فإن الملكة هي التي تكون لها أعضاء تناسلية فعالة. ويكون معدل وضعها للبيض متناسب مع الحاجات الكلية للخلية. وكلما أدى سوء الجو أو الازهار الضعيف إلى نقص الغذاء الوارد إلى الخلية فإنها تضع بيضا أقل. وفي أواخر الصيف يتوقف تماما وضعها للبيض وبذلك تتجنب ضرورة استخدام الغذاء المخزون لموسم الشتاء في تربية الصغار.

للأعراف الاجتماعية بين البشر أيضا تأثير ملحوظ على معدلات المواليد. وهذه الأعراف تشمل المواقف من السن المناسب للزواج وأفضل حجم للأسرة. لسوء الحظ فإن الأعراف الاجتماعية - والوسائل الحديثة لتحديد النسل التي قد تكملها - يكون لها أعلى تأثير بين أقل الناس احتياجاً لها. في الأقطار الأكثر فقراً في العالم تكون القاعدة هي الزواج المبكر والرغبة في انجاب أعداد كبيرة وعدم القدرة على الاستفادة من وسائل تحديد النسل.

MIGRATION

الهجرة

في بداية مناقشتنا لديناميكية العشائر إتفقنا على إغفال تأثيرات الهجرة على حجم العشيرة ولكن الهجرة غالباً ماتكون عامل رئيسي يعتمد على الكثافة في إنقاص حجم العشيرة. فكلما ازداد حجم العشيرة هاجر الكثير من افرادها. وقد سبق أن ذكرنا هجرة فئران الاموس. والكثير من الحشرات يستجيب بنفس الطريقة فمثلاً أسراب الجراد الصحراوي (أنظر الشكل ٣٩-٩) هي استجابة لكثافات سكانية عالية.

PREDATION AND PARASITISM

الافتراس والتطفل

تكون جهود الحيوانات المفترسة والطفيليات لتلبية احتياجاتهم الخاصة عوامل هامة معتمدة على الكثافة في تحديد حجم الكثير من العشائر فكلما زادت عشيرة الفرائس كلما كان في مقدور الحيوانات المفترسة اصطيادها بسهولة أكبر. كذلك تكون الطفيليات أقدر على العبور من فرد إلى فرد كلما زادت كثافة عشيرة العائل. وليس من المصادفة أنه خلال معظم التاريخ البشري كانت الهجرة المستمرة من الريف هي التي تحافظ على أعداد السكان في مدن العالم. ولم تتمكن المدن من تجنب الهبوط الحاد المتكرر في أعداد سكانها بسبب الأوبئة إلا بعد إدخال النظافة والتطعيم وغيرها من وسائل المحافظة على الصحة العامة (تذكر ما حدث لسكان سينا siena أثناء الموت العظيم في القرن الرابع



الشكل ٣٩-٩: وياء من الجراد في الجزائر (الصورة لجين مانويل).

عشر- أنظر القسم ٨-٣٣). فالأوبئة، سواء كانت في عشائر بشرية أو غيرها، هي مثال قوي لأحد العوامل المعتمدة على الكثافة لكبح الزيادة السكانية عن طريق زيادة معدل الوفيات. أمثلة أخرى لتأثير الأفراس والتطفل على حجم العشائر سوف نجدها في البابين الأربعين والحادي والأربعين.

٣٩-٥. طاقة تحمل البيئة

THE CARRYING CAPACITY OF THE ENVIRONMENT

معادلة النمو الأسّي والمنحنى الناتج منها نجحنا جزئياً فقط في وصف الزيادة السكانية دعنا الآن نحاول إدخال بعض التحسينات عليها.

كلما زادت الكثافة السكانية في مزرعة الخميرة تناقص معدل الزيادة السكانية حتى وصل أخيراً إلى الصفر، وقد أرجعنا ذلك إلى نقص الغذاء وتراكم النفايات السامة بعبارة أخرى، فإن الظروف المعينة في المزرعة كانت تمثل بيئة لا تستطيع إستيعاب عشيرة تزيد عن قيمة محددة سوف نسمى هذه القيمة K وهي طاقة تحمل البيئة.

عندما تكون العشيرة أقل بكثير من K فإن نموها يكون أسياً ولكن كلما إقتربت

العشيرة من K فأنها تبدأ في مجابهة مقاومة بيئية متزايدة. دعنا نستخدم الاصطلاح $K-N/K$ «معامل تحقيق النمو» أي المعامل الذي يمثل الدرجة التي تستطيع العشيرة عندها بالفعل أن تحقق أعلى معدل زيادة ممكن لها. وعند إدخال هذا المعامل في المعادلة الأصلية للنمو الأسّي نحصل على:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right).$$

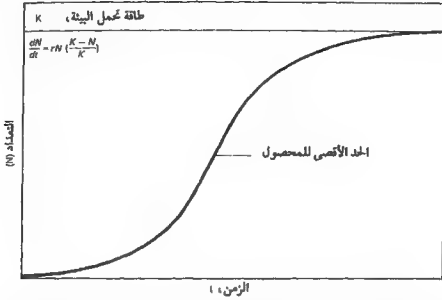
ماذا نقول لنا هذه المعادلة؟ إذا كان حجم عشيرة معينة (N) أقل بكثير من طاقة تحمل البيئة (K) فإن معامل تحقيق النمو سيكون قريب من أو يساوي ١ وسوف تنمو العشيرة. نمو أسّي. ومع ذلك فكلما بدأت N في الاقتراب من K أخذ معامل تحقيق النمو في الاقتراب من الصفر وينخفض معدل نمو العشيرة إلى الصفر.

$$\frac{dN}{dt} = 0 = \text{“ZPG”}$$

وعند تمثيل نمو العشيرة بيانياً ابتداءً بمعامل تحقيق نمو مقداره ١ وحتى معامل نمو مقداره صفر فانتنا نحصل على منحنى يشبه المين في الشكل ٦-٣٩ والشكل ١٠-٣٩. هذا المنحنى يسمى منحنى النمو المنطقي logistic growth curve أو منحنى النمو على شكل حرف S.

منحنى النمو لعشيرة الغزال في محمية جراندي كانيون الوطنية لم يكن منطقياً (انظر الشكل ٥-٣٩) فقد زادت العشيرة كثيراً عن طاقة تحمل البيئة ولكن ماذا يمكن أن نقول لنا معادلة النمو المنطقي إذا ما حدثت وازدادت N كما في هذه الحالة عن K سوف يصبح معامل تحقق النمو سالباً وكذلك يصبح معدل نمو العشيرة سالباً. ومن المؤكد أن ذلك حدث بالفعل.

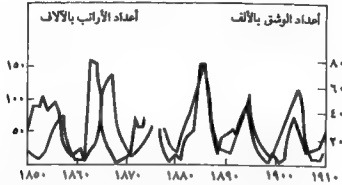
لقد إستعملنا K لتمثيل قدرة البيئة على تحمل عشيرة ما. من الواضح أن الكثير من العوامل تساهم في تحديد قيمة K . من المؤكد أن وفرة الغذاء هي من أهم هذه العوامل، ولكن عوامل أساسية أخرى (مثل وفرة الأماكن الصالحة للعيش) قد تتدخل في ذلك. تحدد قيمة K كذلك بالتنافس بين الأنواع، بوجود أنواع أخرى تتنافس على نفس المصادر.



الشكل ٣٩-١٠ : المنحنى المنطقي للزيادة. قارن هذا المنحنى مع منحنى النمو لعشيرة الخميرة في الشكل ٣٩-٦. يمكن حصد عشيرة بأكبر درجة ممكنة عندما تكون نامية بأعلى سرعة. يحدث ذلك عندما يكون حجم العشيرة = $K/2$.

كلما زادت كثافة العشيرة لنوع ما، كلما زادت قيمة K للحيوانات المفترسة والطفيليات. ويصبح المجال مهياً لزيادة الأفتراس أو التطفل على النوع الذي يلعب دور الفريسة. وقد ينجم عن ذلك فائض من أفراد عشيرة الفرائس. ولكن الأكثر احتمالاً هو زيادة كثافة الأفتراس و/أو التطفل بحيث تدفع عشيرة الفرائس مرة أخرى إلى أقل من قيمة K الخاصة بها. ولكن مع هذا النقص في قيمة K لعشيرة الفرائس فإن قيمة K لعشيرة الحيوانات المفترسة تقل ولا بد أن تتناقص هذه العشيرة تبعاً لذلك. وتكون النتيجة هي التقلب الدوري لكلتا العشيرتين. قد يكون هناك شيء من التفاوت في هذه النوبات بحيث لا تتقلب عشائر الفرائس والحيوانات المفترسة فقط ولكن الأوقات التي تصل فيها عشائر النوعين إلى أكبر أحجامها لا تتطابق دائماً. الشكل ٣٩-١١ يوضح العلاقة الدورية بين عشيرتي الأرنب القطبي snowshoe rabbit والحيوان المفترس الرئيسي له وهو الوشق lynx (بعدد الجلود المعروضة للبيع في المراكز التجارية) في المنطقة المحيطة بخليج هدمون في كندا.

وبينما تمجد العشائر في الواقع عن منحنى النمو المنطقي النظري فإن هذا المنحنى

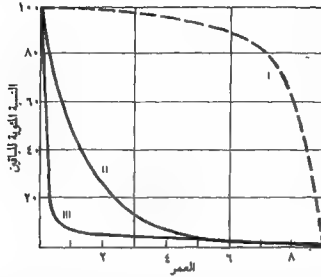


الشكل ١١-٣٩: التقلبات الدورية في عشائر الأرانب والوشق في منطقة خليج هدسون بين عامي ١٨٥٠ و ١٩١٠ كان حجم عشيرة الوشق معتمدا تماما على حجم عشيرة الفريسة وهي الأرانب العوامل التي تسبب مرور عشيرة الأرانب بهذه الدورات من الازدهار والانفجار غير مفهومة تماما ولكن التغير في درجة افتراس الوشق لها ربما لم يكن من العوامل الرئيسية.

يمكن أن يمدنا بمفاهيم قيمة عن أفضل السبل للتحكم في الأنواع الأخرى.

تخيل مثلاً أنك هوجمت بأفة الفئران المنزلية. منحني النمو المنطقي يقول لنا أنك لن تستطيع أبداً أن تحل المشكلة بنصب الفخاخ للفئران، مهما كان عدد هذه الفخاخ فإن قيمة r للفئران تكون عالية ربما (١٤٧, ٠, ٠ في اليوم) بحيث تتكاثر أسرع كثيراً مما يمكنك الإيقاع بها. الذي يمكنك عمله هنا هو منع الفئران من الوصول إلى أي غذاء داخل وحول المنزل. مع الانخفاض الحاد في قيمة K فإن العشيرة لا بد أن تضمحل. عكس هذه المشكلة هي مشكلة كيفية المحافظة على الأنواع المهددة بالانقراض. الحل الذي يتبادر إلى الأذهان عادة هو تحريم صيد هذه الأنواع. ولكن توقف الصيد لن يكون له تأثير يذكر إذا ما اختفت البيئة التي تعتمد عليها الأنواع - K سواء كانت مستنقعات أو غابات أو غيرها - تحت مكان إنتظار السيارات المخصص لأحد مراكز التسوق.

في السنوات الأخيرة أحدثت الطرق عالية الكفاءة للصيد في المحيطات نقصاً كبيراً في الكميات التي يتم إصطيادها من أنواع عديدة. ويبدو أن الصيد كان مكثفاً لدرجة أن العشائر لم تتمكن من المحافظة على نفسها. منحني النمو المنطقي يقدم لنا هدفاً نسعى إليه في إدارة المصايد هو الصيد فقط بالمعدل الذي يحفظ العشيرة السكانية عند $K/2$. لماذا لأن هذا هو حجم العشيرة التي تتكاثر عنده العشيرة بأسرع ما يمكن (الشكل



الشكل ٣٩-١٢ : المنحنيات النظرية للبقاء . المحور الرأسى يمثل عدد الأفراد الباقين عند كل عمر (المحور الأفقى) النوع I من المنحنيات يميز الكائنات المعمرة ولكن بدون وفيات عشوائية قبل ذلك فرص الوفاء تكون متساوية في كل الأعمار عند الكائنات التي يمثلها المنحنى III أتباع استراتيجية K عادة يكون لهم منحنى بقاء بين I ، II . النوع III يميز الكائنات التي تنتج أعداد هائلة من الذرية مصحوبة بمعدلات عالية لوفيات الصغار الكثير من أتباع استراتيجية K لهم هذا المنحنى للبقاء .

٣٩ - ١٢) القيمة $K/2$ Maximum sustainable Yield .

٣٩-٦ إستراتيجيات r وإستراتيجيات K r STRATEGIES AND K STRATEGIES

منذ عدة سنوات قمت بحوث جزء من حقل قديم ثم تركته بدون زرع ليرتاح . في الموسم الأول نما فيه محصول غني من الزربيج . الزربيج نبات مهياً تماماً لإستغلال البيئة بسرعة وقبل أن يستقر فيها المنافسون فهو ينمو بسرعة وينتج وفرة هائلة من البذور (بعد أن يكون قد أنتج كميات ضخمة من حبوب اللقاح التي تحملها الرياح وتسبب المتاعب للكثيرين ممن يعانون من حسى القش) . لأن طريقة الزربيج في تحقيق النجاح التطورى هي بالتكاثر السريع ، أي من خلال قيمة عالية لـ r ، فانها تسمى إستراتيجية r . حشائش أخرى والكثير من الحشرات والقوراض تتبع إستراتيجية r . وفي الواقع إذا اعتبرنا الكائن آفة فانه غالباً ما يتبع إستراتيجية r ويصفه عامة فإن الكائنات التي تتبع إستراتيجية r تشترك في عدد من الخصائص :

١ - عادة توجد في مواطن إنتقالية و/أو غير مستقرة . في الموسم الثاني بحقلي نمت

- النجيليات المعمرة والنباتات الزهرية البرية بكثافة في غطاء نباتي مختلط ولم يعد هناك نبات زربيع واحد.
- ٢ - لها فترة حياة قصيرة. الفأر المنزلي الذي يبلغ الحد الأقصى لعمره ثلاث سنوات هو ممن يتبعون إستراتيجية ٢.
- ٣ - عادة يكون لها زمن قصير بين الاجيال، أي يكون لها فترة حمل قصيرة وسرعان ما تصبح جاهزة لانتاج جيل جديد من الصغار. تستطيع الذبابة المنزلية إنجاب سبعة أجيال في كل سنة (بكل منها ١٢٠ من الصغار).
- ٤ - تنتج أعداد كبيرة من الذرية. المحار الأمريكي بإنتاجه للمليون بيضة في الموسم الواحد يكون ممن يتبعون إستراتيجية ٢. معظم ذريته يموتون ولكن مجرد الحجم الضخم للذرية يزيد من احتمالات نجاح بعض هذه الذرية في الانتشار إلى بيئات جديدة ملائمة.
- ٥ - لاتراعى صغارها إلا قليلا جداً. لذلك تكون وفيات الصغار ضخمة. إذا قمنا برسم منحى البقاء لأحد الكائنات التي تتبع إستراتيجية ٢ فإنه سيأخذ الشكل المميز برقم III في الشكل ٣٩-١٢. معدلات التكاثر العالية في بلاد مثل الهند قد تكون استجابة للمعدلات العالية لوفيات الاطفال (أنظر مرة أخرى إلى الشكل ١٩-١٣).
- ٦ - حجم العشيرة يكون عرضة للتأثر بعوامل تعتمد على الكثافة أكثر مما تؤثر فيه العوامل التي لاتعتمد على الكثافة.
- عندما يمتلي موطن بعشيرة من المخلوقات المتباينة ينافس بعضها البعض الآخر على ضرورات الحياة فان المخلوقات التي تتبع إستراتيجية ٢ تكون في موقف سيء. هنا تكون الامة الاولى لكفاءة النوع في إستغلال مصادر البيئة وتكون الظروف مواتية للكائنات التي تتبع إستراتيجية K.
- الأنواع التي تتبع إستراتيجية K يكون لها عشائر مستقرة بالقرب من K وبذلك لانكون هنا مكاسب تجنى من اللجوء الى قيمة عالية لـ ٢. فالنوع يكسب أكثر كلما إقرب من التأقلم مع ظروف بيئته.

الكائنات التي تتبع إستراتيجية K تشترك في الخصائص الآتية:

- ١ - توجد عادة في مواطن مستقرة. معظم الأنواع في غابة ناضجة تتبع إستراتيجية K.
- ٢ - تكون لها فترة عمر طويلة. شجرة البلوط والفيل والسلمة كلها تتبع إستراتيجية K
- ٣ - عادة تكون لها فترة طويلة للأجيال. إنجاب طفل يستغرق تسعة أشهر عند البشر.
- ٤ - تنتج أعداد قليلة من الذرية. زرياب أدغال فلوريدا بما له من ذرية قليلة وقواعد صارمة تحدد مساحة معينة لكل زوج، هو من أتباع إستراتيجية K.
- ٥ - تمتعني كثيرا بذريتها. وتميل وفيات الصغار إلى الانخفاض. إذا رسمنا منحنى البقاء لأتباع إستراتيجية K فانها عادة ماتكون بين المنحنى من النوع الاول Type I (حيث يموت معظم الأفراد من تقدم السن) ومن النوع الثاني Type II (حيث تكون كل الأعمار معرضة بالتساوي للقتل بأخطاء عشوائية).
- ٦ - أنتج التطور في أتباع إستراتيجية K ملاءمة أكبر بين الكائن وبيئته وغالبا ما يتطور أتباع إستراتيجية K بطريقة تجعل لهم كفاءة متزايدة باستمرار في إستغلال شريحة متناقصة باستمرار من البيئة. الفراشة التي لها أجزاء فم طولها ٢٥ سم والتي تستطيع أن تتغذى فقط من زهرة الأوركيد التي يوجد فيها الرحيق على عمق ٢٥ سم لمى من أتباع إستراتيجية K.
- ٧ - حجم العشيرة عادة ما تحدده عوامل تعتمد على الكثافة مثل الافتراس، التطفل، التنافس بين الأنواع والتنافس بين أفراد النوع.

IN CONCLUSION

٧-٣٩. في الختام

الأبواب الثلاثة التالية سوف نخصصها لدراسة بعض العوامل المعتمدة على الكثافة للتحكم في حجم العشائر. في الباب ٤٠ سندرس بعض الطرق التي تتفاعل بها الكائنات مع بعضها البعض وسوف نجد أن الكائنات في تنافسها على نفس مصادر البيئة فانها تعمل على اختزال طاقة تحمل البيئة (K) لبعضها البعض. فإذا كان أحد الأنواع يفترس أو يتطفل على نوع آخر، فإن هذا النوع قد يقلل حجم عشيرة الفريسة إلى ما دون K الخاصة به. وفي ذلك تخفيض لقيمة K له نفسه. حجم العشيرة الذي يأمل الوشق في تحقيقه يكون محدودا بنفس القدر (وربما أكثر) بالحجم المتغير لعشيرة الأرنب. تماما كما أن حجم عشيرة الأرانب يكون محدودا بالوشق (الشكل ٣٩-١١).

في البابين الأخيرين سوف نعود إلى عشيرة الانسان . سوف ندرس الدور الذي لعبه التطفل (في الباب ٤١) والتنافس على الغذاء (في الباب ٤٢) في وضع العشيرة الانسانية على أكثر الأجزاء إنحداراً من منحنى النمو الأسى وحيث أن معدلات النمو الأسى لا يمكن أن تدوم إلى مالا نهاية فان هذا الجزء المنحدر لابد وأن يظهر مع الزمن ما إذا كان مجرد جزء من منحنى منطقي أو المنحنى الذي يصف دورة الازدهار والانفجار (الشكل ٣٩-٥) للزيادة السكانية . دعنا نرجو مخلصين أن يكون الأول وليس الثاني .

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

معدل الزيادة الطبيعية (r) لعشيرة يساوي معدل المواليد (b) ناقص معدل الوفيات (d) عندما تكون b أكبر من d تنمو العشائر أسياً . لأي فترة زمنية تكون العشيرة الجديدة = العشيرة الحالية + (r. العشيرة الحالية) .

تنمو العشيرة الانسانية في الوقت الحالي أسياً . وهذا يعكس النقص في معدل الوفيات (d) بدون نقص في معدل المواليد يعوضه في الكثير من البلدان .

هذه المبادئ تنطبق بنفس القدر على الأنواع الأخرى . يعمل عدد من العوامل المختلفة على توقف نمو العشائر . العوامل غير المعتمدة على الكثافة تؤدي دورها بصرف النظر عن حجم العشيرة . الكوارث الطبيعية مثل البراكين والجفاف وحرائق الغابات لا تعتمد على الكثافة في كبح نمو العشائر .

عوامل كبح نمو العشائر التي تعتمد على الكثافة تمارس دورها بشدة كلما زاد حجم العشيرة . التنافس على الغذاء ، التنافس على الأزواج وأماكن بناء العش وما إلى ذلك ، الهجرة ، الافتقار والتطفل كلها تعمل على كبح نمو العشيرة بطريقة تعتمد على الكثافة .

عندما يهبط حجم العشيرة إلى مادون الحجم الذي تتحمله البيئة فإن العشيرة قد تبدأ في الزيادة أسياً . وكلما قاربت العشيرة طاقة تحمل البيئة فان معدل الزيادة يأخذ في التراجع . في الظروف النموذجية ، يكون الرسم البياني لنمو هذه العشيرة على شكل حرف S.

الأنواع المهيأة للنمو الانفجاري للعشائر حينما تسمح بذلك الظروف تسمى أتباع إستراتيجية ٢. مثل هذه الأنواع تكون معرضة لمعدلات وفاة عالية وعادة تمر عشائرها بدورات متكررة من الإزدهار والانفجار.

الأنواع المتأقلمة مع ظروف بيئية مستقرة تسمى أتباع إستراتيجية K وهي تتميز بأن عشائرها تبقي مستقرة نسبيا وقريبة من قيمة K وهي طاقة تحمل البيئة لها.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

١ — قدر تعداد نيكاراوجوا في عام ١٩٨٢ بحوالي ٢,٦ مليون نسمة وكان معدل المواليد هو ٤٧/١٠٠. ما هي قيمة r (في السنة)؟ ما هي الزيادة التقريبية في عدد السكان في عام ١٩٨٣؟ وعند هذه المعدلات ما هو تعداد نيكاراوجوا في عام ٢٠٠٠؟

٢ — إذا كان رصيدك في البنك يأتيك بأرباح مركبة مستمرة سنوية بنسبة ٣٪ فكم عدد السنين اللازمة لمضاعفة نقودك؟ كم عدد هذه السنين إذا كانت النسبة ٧٪؟

٣ — معدل المواليد الحالي في السويد هو ١٢/١٠٠٠ ومعدل الوفيات ١١/١٠٠٠ عند هذه المعدلات كم عدد السنين اللازمة لمضاعفة السكان؟

٤ — معدل المواليد الحالي في ليبيا هو ٤٧/١٠٠٠ ومعدل الوفيات ١٣/١٠٠٠ إذا إستمرت هذه المعدلات فكم عدد السنين اللازمة لمضاعفة السكان؟

٥ — كان تعداد الهند في عام ١٩٧٧ هو ٦٢٢,٧ مليون نسمة وكانت r هي ٠,٠٢١ (في السنة). إذا إستمر هذا المعدل فكم سيكون تعداد الهند في عام ٢٠٠٠.

٦ — ما هي العوامل التي تنظم معدل زيادة عشيرة من الحيوانات بدأت بزواج واحد نقل إلى بيئة جديدة؟ ما هي العوامل التي تحدد الحجم النهائي لهذه العشيرة.

REFERENCES

المراجع

1. MAHLER, J., "People", Scientific American, Offprint No. 733, September, 1980. How standards of public health affect population growth.
2. LANGER, W. L. "Checks on population Growth: 1750, 1850 Scientific

- American, Offprint No. 674 February, 1972. The author presents evidence that the most important of these were celibacy and infanticide.
3. EHRlich, P. R., and ANNE H. EHRlich. *Ecoscience. Population Resources Environment*, Freeman, San Francisco, 1977. A well written and thoroughly documented study of these crucial issues in human ecology.
4. WILSON, E. O., and W. H. Bossert. *A Primer of Population Biology*. Sinauer Associates, Inc. Stamford, Conn., 1971. Chapter 3 includes mathematical models of the growth of populations.
5. COALE, A. J. "The History of the human population" *Scientific American*, September, 1974. Reprinted in the *Human Population: A Scientific American Book*, Freeman, San Francisco, 1974. Available in paperback.
6. MYERS, JUDITH H. and C. J. KREBS, *Population Cycles in Rodents*. *Scientific American*, Offprint No. 1974. Presents evidence that the boom and bust cycle characteristic of many rodent populations is a consequence of changes in the gene pool caused by emigration.
7. WOOLFENDON, G. E., and J. W., FITZ PATRICK, "The inheritance of Territory in Group-Breeding Birds," *Bioscience*, 28 : 104 February, 1978.
8. KORMONDY, E., J., *Concepts of Ecology*, 2nd ed., *Concepts of Modern Biology Series*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1976. Chapter 6 deals with the ecology of populations.

CHAPTER 40

الباب والأربعون

التداخل بين الأنواع

INTERACTIONS BETWEEN SPECIES

INTRODUCTION	١-٤٠ : مقدمة
PREDATION	٢-٤٠ : الأتراس
CAMOUFLAGE (CRYPTIC COLOURATION)	التخفى (التلون)
DEFENCE	الدفاع
MIMICRY	المحاكاة
GROUP BEHAVIOR	السلوك الجماعي
ESCAPE RESPONSES	الاستجابات للهروب
PARASITISM	٣-٤٠ : التطفل
COMMENSALISM	٤-٤٠ : المعيشة المشتركة
MUTUALISM	٥-٤٠ : تبادل المنفعة
SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION	تثبيت النروجين التكافلي
INTERSPECIFIC COMPETITION	٦-٤٠ : التنافس بين الأنواع
	٧-٤٠ : كم عدد الأنواع التي يمكنها أن تعيش مع بعضها البعض في منطقة واحدة
HOW MANY SPECIES CAN COEXIST IN ONE AREA	

CHAPTER SUMMARY

EXERCISES AND PROBLEMS

REFERENCES

ملخص الباب

تمارين ومسائل

المراجع

الباب الأربعون

التداخل بين الأنواع

INTRODUCTION

١٤٠ : مقدمة :

تتأثر حياة كل كائن بحياة الآخرين، كما أن كل كائن لا بد له من مساهمة ظروف بيئته فلا بد له أيضاً من مساهمة المشاكل والفرص التي تقدمها الكائنات الأخرى التي تعيش معه في جماعته (عشيرته). وتأثير بعض أجزاء البيئة الحيوية يكون مباشراً، إذ لا يمكن لبقرة أن تعيش بدون نباتات تتغذى عليها، كما لا يستطيع النمل الأبيض أن يستفيد من غذائه السليلوزي بدون مساعدة الحيوان الأولي السوطى *Trichonympha* الموجود داخل جهازه الهضمي (قسم ٣٤-٤).

وتعتبر بعض تأثيرات البيئة الحيوية أقل أهمية، ووضح عالم الطبيعة البريطاني الشهير داروين هذه النقطة دراماتيكياً بقوله أن عظمة إنجلترا كانت معتمدة على صيائها، وضح ذلك بأن قوة إنجلترا اعتمدت على اسطولها البحري والذي بدوره اعتمد على قوة بحارته، وكانت قوة البحارة نابعة من تغذيتهم على اللحم البقري والتي كانت تتغذى على البرسيم الغنى في البروتينات، تكاثر البرسيم يكون بسبب تلقيحه بالنحل المسمى (Bumble bees) والذي يفرس أعشاشة جردان الحقل. وتجد القطط من تكاثر تلك الجردان، وبطبيعة الحال يقوم هؤلاء البحارة بتربية تلك القطط وكما يبدو أن الجدول السابق طريفاً في حد ذاته إلا أنه يوضح النقطة الدالة على أن أي تغيير في البيئة الحيوية ليس لها تأثير مباشر فحسب (قطط كثيرة = جردان حقل أقل) بل لها تأثيرها الغير مباشر والذي يظهر بوضوح في كل الجماعة (أو العشيرة) من الكائنات الحية.

وأغلب التداخلات بين الأنواع يدخل فيها عنصر الغذاء، فالتنافس على الغذاء (الكلّة) أو تجنب أن يكون النوع نفسه قابلاً للأكل، هي أهم الطرق الشائعة التي يؤثر فيها الأنواع بعضهم على بعض. وببساطة ربما يتنافس نوعان على نوع معين من الطعام، أو أن تكون الصلة بين مفترس وفريسة يريد فيها أحد النوعين إفتراس النوع الآخر للتغذية عليه. وتوجد حالات كثيرة يعيش فيها نوعان مرتبطان ببعضهما البعض لمدة طويلة من الزمن، وتسمى مثل تلك العلاقة أو الارتباط عملية تبادل منفعة أي العيش سويًا (Symbiotic). في جميع حالات تبادل المنفعة فإن أحد العضوين على الأقل يستفيد من تلك العلاقة وقد يضار العضو الآخر بوجود العضو الأول (تطفل Parasitism) أو قد يستفيد منه (Mutualism) أو قد لا يتأثر من وجوده بتاتا (Commensalism) وكل تلك الأشكال المختلفة من التداخل بين الأنواع هي موضوع الدراسة في الباب الحالي.

PREDATION

٢-٤٠ : الأفراس

أغلب الأنواع شاذة التغذية توفر غذاءها بافتراس كائنات أخرى، ولو أنه توجد بعض الاستثناءات إلا أن معظم المفترسات تكون أكبر حجماً من الفرائس التي تلتهمها. والعلاقة بين المفترسات وفرائسها هي في الغالب علاقة وقتية تكفي فقط لانتهاه المفترس من إستهلاك فريسته كلها أو بعضها منها. والحيوانات التي تفترس غيرها من الحيوانات غالباً ما تقتلها. وعلى الوجه الآخر فمفترسات الأعشاب (كالغزلان والأرانب والحشرات) تأكل جزءاً قليلاً من فريستها (النباتات). قدرة النباتات على إكثار أنفسها تضمن توافر غذاء إضافي فيما بعد.

وإذا ما إعتبرنا الدور الرئيسي الذي يلعبه الغذاء في حياة كل الحيوانات، لا يجب أن تندهش للتحورات العديدة التي (أ) تزيد من فعالية عملية الأفراس، (ب) الأقلال من مخاطرة وقوع الكائن الحي نفسه كفريسة. ولنتعرض الآن بعض الأمثلة من الحيل التي تساعد صاحبها على تجنب الإفتراس.

CAMOUFLAGE (CRYPTIC COLOURATION)

التخفى (التلون)

يمكن للكثير من الحيوانات التشكل بطريقة تجعلها تندمج مع الوسط المحيط بها،



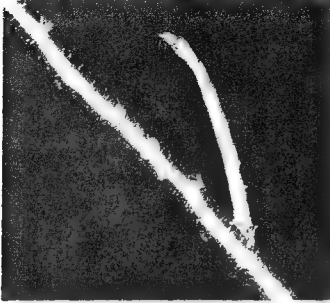
شكل ١-٤٠: طير
بتارميجان الصخري في
ريشة الصيفي. في الشتاء
تكون هذه الطيور بيضاء.
(ليونارد في روي III بروس
كولمان).

فبعض الأنواع مثل سمك فلاوندر الشتاء (Winter flounder) يمكنها تغيير شكلها بسرعة أثناء انتقالها من وسط الى الآخر (الشكل ٣٠-٢٠). وطير بتارميجان (Ptarmi-gan) بلونه الشتوي الأبيض المبرقش ولونه الصيفي المبرقش أيضا يمكنه من أن يظل غير ظاهر للعيان بالرغم من تغيير الفصول (الشكل ٤٠-١). واكتسب الكثير من الحشرات قدرة فائقة على التخفي. ولو أن العروق الحقيقية في جناح أبي دقيق تخرج متشعبة من نقطة إتصالها، فان تشابه أجنحة أبي دقيق *Kallina* بالورقة يصل الى حد الكمال



لدرجة وجود خط أسود يعبر عروق الأجنحة لياثل العرق الوسطى للورقة (الشكل ٤٠-٢) وورقة حرشفية الأجنحة العديمة الحركة والتي تشبه فرع الشجرة

شكل ٢-٤٠: أبو دقيق
الورقة الميتة الجنوب أمريكا
(Kallinan) حينة واحدة
(أسفل) تستريح بأجنحتها
مفرودة تظهر لون سطح
الجناح العلوي الفاتح المظهر
(الان بلاك / بروس
كولمان).



شكل ٤٠-٣: يرقة
الألرع. (يصمريخ من
موريل ف. ويليامز).

ببراعمه (الشكل ٤٠-٣) يمكنها بذلك أن تخرب من اكتشاف الطيور لها ولكن قد يؤدي إلى أن تضع عليها حشرات أخرى بيضها عن طريق الخطأ .

DEFENSE

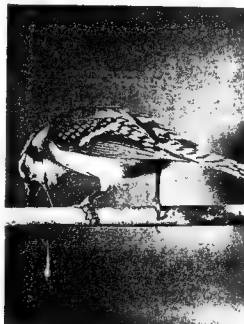
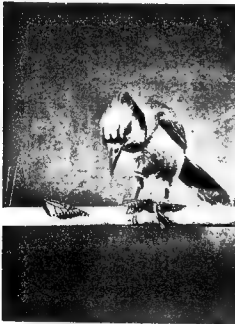
الدفاع

يزود الكثير من النباتات والحيوانات بوسائل مختلفة لحماية أنفسها من مهاجمة المفترسات. فريش الطائر (Porcupine) وغدد الرائحة في الـ (Skunk) أمثلة معروفة. وتفترز ذوات الألف رجل حمض الهيدروميانيك السام إذا ما ضويقت. كما يوجد في الكثير من الحشرات غدد خاصة ووسائل توجيه خاصة تمكنها من رش المفترسات بمواد سامة (مثل ٨٠٪ حمض الخليك وحمض الفورميك أو التمليك ٤٠٪). والمواد السامة (أمثال حمض الهيدروميانيك) والأشواك ماهي الا وسائل دفاعية يكثر وجودها في النباتات. وما فائدة وجود سلاح دفاعي قوى بدون أن يلاحظه العدو المفترس الا بعد أن يكون قد قام بالمجوم بالفعل على من يملك هذا السلاح؟ والحل الوحيد لذلك هو تطور حدوث ألوان التحذير والمساءة (Aposematic or Warning Coloration) وبين الشكل (٤٠-٤) يرقة أبى دقيق العرش (Monarch Butterfly) الظاهرة للعيان والتي لا يوجد في ألوانها أية ظاهرة للتخفي، يمكنها ذلك لأنها تخزن بداخل جسمها المواد الكيميائية السامة (للفقاريات) التي تحتاج إليها من نباتات حشيشة اللبن (Milk weed)



الشكل ٤٠ - ٤: يرقة أبي
دقيق العرش، مثال اللون
الإنذار. أوراق حشيشة
اللبن التي تتغذى عليها هذه
اليرقة تحتوي على عدة مواد
سامة للفقاريات. تخزن تلك
اليرقة هذه المواد بداخل
جسمها وبذلك تصبح غير
مستساغة للمفترسات
الفقارية. يسمى لون الأنداز
كللك لون Aposematic.

التي تتغذى عليها في العادة. وعلاوة على ذلك، فإن اليرقات تحتفظ بتلك المواد أثناء
عمليات التطور وبذلك تكون حشراتنا الكاملة غير مستساغة عند التغذية عليها. ولقد
بين العالمس لنكولن ب. براور (Lincoln P. Brower) أنه عند تغذية طائر Blue Joy على
حشرة العرش الغير مستساغة (رديئة الطعم) هذه مرة واحدة فقط فإن هذا الطائر



الشكل ٤٠ - ٥: طائر Jay الأزرق يأكل جزءاً من أبي دقيق العرش والذي تغذت يرقاته على حشيشة
اللبن السامة. بعد فترة وجيزة، يتقيأ الطائر المذكور (يمين). بعد ذلك، يرفض هذا الطائر أكل أي
أبي دقيق عرش آخر يقدم له. (بتصريح من الاستاذ لنكولن ب. براور، كلية أمهرست).

لا يعيد الكرة مرة أخرى بعد ذلك (الشكل ٤٠-٥). وعلى ذلك فإن اللون الظاهر ليرقات أبي دقيق العرش يعتبر محورا مفيدا كي يمكن مشاهدته بسهولة بواسطة هذا الطائر.

MIMICRY

المحاكاة

إذا لم يكن الحيوان مخطوفا بما فيه الكفاية بأن يكون ساما، فلم لا يكون شبيها بأحد تلك الحيوانات السامة؟ تسمى هذه الظاهرة بالمحاكاة. فحشرة أبو دقيق فيكوري (Vic-cory butterfly) لا تحوي مواد سامة في جسمها ولربما تكون لذينة المذاق (حيث أن أحد



الشكل ٤٠-٦: أبو دقيق العرش (أعلى)، ونائب الملك (أسفل)، مثال على محاكاة Batesian ينال نائب الملك القابل للاتهام حمايته من تشابه الشديد لأبي دقيق العرش الغير مستساغ. المحاكاة (Patesium) تنجح فقط طالما أن تعداد الحشرة المحاكية (نائب الملك) يبقى أصغر من تعداد النموذج (العرش). (ر. هوبرت/ جامعة استانفورد BPS).

الحشرين قد حاول بالفعل أكلها وذكر أن طعمها يشبه طعم الخبز المقدد (Toast) لذلك أخذت هذه الحشرة لون حشرة أبي دقيق العرش السابق ذكرها (الشكل ٤٠-٦) والتي يخاف من تناولها الأعداء. وتحاكي الذبابة السارقة في الشكل النحلة البرية (Bumble bee) المسلحة جيدا. ضد الأعداء (الشكل ٤٠-٧) وبذلك تنجو من المفترسات. ويذكر أنه بعد بلع الضفدعة لنحلة Bumble bee وما تعانیه الضفدعة من ذلك فإنها لا تقرب بعد ذلك نفس النحلة ولا تقرب كذلك الذبابة السارقة. وجدير بالذكر أن الذبابة السارقة بالرغم من تشابه شكلها مع النحلة المذكورة إلا أنها لم تسايرها في التطور الوراثي إذ أنها لازالت بجناحين فقط وليس بأربعة أجنحة كالنحلة وغيرها من الحشرات من رتبة غشائية الأجنحة.

وتوجد أعداد من الثعابين الغير سامة تحاكي في الألوان ثعبان المرجان ذو اللون الزاهي حيث أن ثعبان المرجان هذا هو أشد الثعابين سمية في الولايات المتحدة الأمريكية. وكل الحالات التي تشابه فيها أنواع غير ضارة بأخرى ضارة تسمى محاكاة باتيسيان (Batesian Mimicry) نسبة إلى العالم هنري بيتس (Henry W. Bates) عالم التاريخ الطبيعي في القرن التاسع عشر والذي قام بدراسة العديد من تلك الحالات.

وتشابه بعض الحيوانات رديئة الطعم حيوانات أخرى رديئة الطعم أيضا، ويطلق على مثل هذه الحالات من المحاكاة اسم محاكاة موليريان (Mullerian Mimicry) تكريما لعالم الحيوان الألماني فريتز مولر (Fritz Muller) الذي درس تلك الظاهرة. وبطبيعة الحال فإن كل نوع من تلك الحيوانات ينال الحماية الكافية من أعدائه وكذلك من أعداء النوع الآخر الذي يتشابه معه.

وتمتلك بعض آكلات اللحوم بعض الأجهزة لتحاكي بها فريسة بعض المفترسات



النحلة الانفرادية



الذبابة السارقة

شكل ٤٠-٧: الذبابة السارقة الغير واخزة تشبه كثيرا البعوضة أكثر من النملة الانفرادية.



الشكل ٤٠- ٨ : المحاكاة العدوانية. سمكة السنارة (*Antennarius*) تقوم بعرض خدعة تشبه سمكة صغيرة في بيتها. والخدعة هي نمو الشوكة الموجودة في أول زعنفة ظهرية. هذا النوع من السمك السنارة، والذي وجد في الفلبين، طول ٩,٥ سم. لاحظ استخداما للتخفي: تركيبة وكثرة يشبهان نموات الاسفنج والطحالب على الصخور الموجودة في بيتها. (يتصرح من ديفيد ب. جروبيكر، عن بيتس، ت. و. د. ب. جروبيكر، مجلة Science، ٣٦٩-٢٠١، ١٩٧٩).

الأخرى الأصغر حجما، وتستخدم هذه الأجهزة كطعم. مثل هذا النوع من المحاكاة يسمى محاكاة عدوانية (*Aggressive Mimicry*) ولقد تم لنا بالفعل اختبار الطريقة التي بها تجذب أنثى أحد أنواع ذباب النار ذكور نوع آخر ثم تأكله (انظر قسم ١٥-٣٠). ويوضح الشكل (٨-٤٠) مثلا غريبا من أمثلة المحاكاة العدوانية، فالسمك الكبير من النوع (*Anglerfish*) الموجود في الفلبين له شوكة طويلة عمودية تخرج من الزعنفة الأمامية الظهرية وتستخدم السمكة هذه الشوكة كطعم لتمسك بها السمك الصغير الموجود في متناولها وتلتهمه بفكوكها.

GROUP BEHAVIOR

السلوك الجماعي

يقلل التعاون بين أفراد نوع من الأنواع التي تعيش معيشة اجتماعية (*Social*) في الغالب من حدة الأقتراس. فحيوانات الجاموس البرى التي ترعى العشب تكون منظمة

بحيث تكون الحيوانات الأقوى حول أفراد القطيع من الخارج والحيوانات الضعيفة من الداخل. وبمراقبة القطيع عند الرعى (أو مجموعة من الطيور عند تغذيتها) يمكن ملاحظة أن بعض أفراد القطيع المخصصة للمراقبة تكون مستعدة لأنذار القطيع عند اقتراب الخطر. ويوجد نوع من السمك يسمى سميلت (Smelt) يفرز نوعين من الفيرومون في الماء. إذا ما هدده أي عدو يعمل هذا الفيرومون على انذار بقية السرب. وإذا ما لدغت نحلة العسل عدوا فانها تفرز في مكان اللدغ مادة أيزوأمايل أسيتيت (Isoamyl acetate) والتي تعمل على تهيج عددا آخر من النحل الذي يأتي طائرا للمشاركة النحلة المذكورة في هجومها هذا.

وقد تكون الاستجابة للخطر على شكل الطيران أو التجمع في شكل كتلة مترابطة (الشكل ٩-٤٠) ولا تهاجم المفترسات عادة الأفراد الموجودة وسط مجموعة الفريسة حتى لا تتعرض للضرر إذا ما فعلت ذلك. وعموما فإن عملية الأفراس لمجموعة من الحيوانات الاجتماعية قد تكون موجهة دائما إلى مهاجمة الأفراد الضعيفة (الصغيرة أو الكبيرة السن أو المريضة).

ESCAPE RESPONSES

الاستجابات للهروب

إن التوازن بين الفريسة والمفترس لهي علاقة حساسة وتنظم نفسها بنفسها فزيادة أعداد الفريسة تسمح بزيادة أعداد المفترس. ويتبع عن ازدياد الأفراس الأقل من



الشكل ٩-٤٠: سلوك الدجاج الجاهي عند التهديد، تكون ثيران القناع دائرة مع وجود الصغار والآنث في الوسط. (بتصريح من تدجرات مجلس الفيلم الوطني الكندي، فوتوتيك).

أعداد الفريسة ويتبعه الأقلال من أعداد المفترسات ويفتح هذا بطبيعة الحال الطريق لزيادة الفريسة، وهكذا يستمر الوضع على هذا الحال.

ومن المهم لكل من المفترسات وفرائسها ألا تكون الزيادة أو القلة في أعدادها زائدة عن الحد والا فستندثر أعداد الفرائس ويتبعه كذلك إندثار أعداد المفترسات إلا إذا توفر غذاء بديل لتلك المفترسات، قد يكون هذا من المستحيلات إذا ما كانت المفترسات تشغل منطقة محدودة. ففي بيئة محدودة مثل مستنقع صغير من المياه العذبة يكون اندثار أعداد المفترسات وفرائسها محتوما.

ونحن لانعرف بعد الكثير عن كيفية تدارك الخطر في مثل هذه الأحوال ولكنه تم معرفة نوع من هذا التدارك الميكانيكي منذ عهد قريب في الولايات المتحدة الأمريكية. ففي شرق الولايات المتحدة تمثلياً في الغالب بحيرات المياه العذبة بسمك البعوض المعروف بسمك الجامبوزيا (*Gambusia*) والذي يتغذى على يرقات البعوض (وبذلك فهو يؤدي خدمة جليلة لنا). والجامبوزيا بدوره يفترسه نوع آخر من المفترسات (*Pic*) (kerel) السريعة العموم والشرهة. ولا يتخفى سمك البعوض في الأعشاب الموجودة تحت الماء ولكنه إذا ما شاهد بيكيريل أثناء عملها وهي جوعانة يمكن لسمك الجامبوزيا هذا تفادي الأقتراس بالبيكيريل بأعجوبة ميكانيكية لحاية نفسه، إذ عندئذ يصعد سمك الجامبوزيا إلى سطح الماء ويبدأ طرطشة. وطالما تستمر هذه الطرطشة لا يحاول البيكيريل الهجوم، وإن حاول فغالبا ما يفشل في اقتراس الجامبوزيا، والأشارة المعطاة للجامبوزيا هي إشارة كيميائية، إذ عندما أضيفت مياه كان بها البيكيريل إلى حوض به الجامبوزيا فإن تلك الأسماك سرعان ما تقوم بالحركات السابق ذكرها كاستجابة للدفاع عن نفسها.

ولم يفهم حتى الان سبب فشل البيكيريل عندما تكون فريسته وهي الجامبوزيا على السطح ولكن قيمة هذه الميكانيكية واضحة تماماً، إذ بهذا الفشل في افناء تعداد الجامبوزيا يحتفظ البيكيريل كذلك في نفس الوقت بعدم فناء تعدادة هو. لذلك نرى أن البيكيريل يحصد فقط المحصول الزائد من أسماك الجامبوزيا وبهذا يبقى تعداد البيكيريل والجامبوزيا دائماً في حالة توازن وواضح كذلك كيف يعمل الانتخاب الطبيعي على الابقاء على هذه الاستجابة في الجامبوزيا، إذ أن الأفراد الموجودة في تعداد الجامبوزيا والتي تفشل في الاستجابة لعوامل حفظ نفسها من البيكيريل بالطريقة

الميكانيكية السابق ذكرها (لوجود عامل جيني وراثي) فهي التي تؤكل وتحتفي داخل حلق البيكيريل .

PARASITISM

التطفل

الطفل هو كائن يعيش على أو داخل جسم آخر (العائل) ليحصل من أنسجته على غذائه ومسببا له في نفس الوقت بعض الضرر. والتميز بين الطفيليات والمفترسات أحيانات لا يكون واضحا. فالقراد والعلق الطبي ملتصقان دائما بأجسام عوائلها لفترة وجيزة تمتص خلالها الدم، تعتبر تلك الحالة والتي فيها يرعى (أو يتغذى) الكائن الأصغر والأضعف على كائن أكبر وأقوى إحدى حالات الأقتراس (Predation) أما في حالات الديدان الخيطية (Hookworms) فالعلاقة بينها وبين عائلها علاقة تستغرق وقتا طويلا، لذلك تعتبر هذه الحالة إحدى حالات التطفل (Parasitism).

ومن المحتمل عدم وجود أي كائن على هذه الأرض لم يحدث عليه تطفل في وقت من أوقات حياته. فالحيوانات متطفل عليها بالبكتيريا والفطر والفيروس والحيوانات الأولية (البروتوزوا) والديدان المفلطحة (الديدان الشريطية والديدان الكبدية) والنباتات والحيوانات والحشرات (البراغيث والقمل) والعنكبوتيات (الحلم). والنباتات أيضا يتطفل عليها النيماتودا والفطر والبكتيريا والفيروسات ونباتات أخرى قليلة. وحتى الأحياء الدقيقة نفسها لها طفيليات، فالأميبات على سبيل المثال قد تحوى أجسامها البكتيريا وتحوى أجسام البكتيريا فيروسات.

وتضر الطفيليات عوائلها بطريقتين رئيسيتين، الأولى باستهلاك أنسجتها كما تفعل الديدان الخيطية والأميبا المتطفلة وجراثيم الملاريا، وبعض الطفيليات لا تسهلك الكثير من المواد من أجسام عوائلها وبذلك لا تضرها كثيرا من هذه الناحية ولكن أثناء ذلك تفرز الطفيليات مواد سامة (توكسينات) تسمم العائل. والبكتيريا المسببة للتيتانوس والدفتيريا والحمى القرمزية تعتبر بكتيريا خطيرة لهذا السبب. فسم التيتانوس يعوق نقل التفاعلات العصبية عند تقابل نهايات أعصاب الجهاز العصبي المركزي، ويؤثر سم الدفتيريا على مراكز صنع البروتين في الخلايا.

وبطبيعة الحال فإن أغلب طفيليات الأمعاء تنافس عائلها على الغذاء الذي يتناوله

العائل، وإذا ما كان هذا الغذاء غير كاف فيكون لقلة الغذاء اللازمة للطفيل عندئذ عواقب وخيمة، لربما تكون المنافسة على فيتامين أو أحماض أمينية معينة أخطر من المنافسة على السعرات الحرارية.

ولر أنه توجد حالات استثنائية، فإن الطفيل عادة لا يقتل العائل وحتى يمكنه ذلك، فإن الطفيل قد يحرم نفسه من بعض الوجبات التي يحصل عليها من عائله، ولعمل ذلك فإن الطفيل يحصل على الغذاء الكافي له من أنسجة عائله بدون الأضرار بالعائل. ويقال أن الطفيل يعيش على دخل العائل بينما يعيش المفترس على رأس مال العائل.

لذلك فالطفل، مثل الأفراس، علاقة ذات اتجاهين، فهي نتيجة تطور الملاءمة لكل من العائل والطفيل، يؤيد ذلك أن كل نوع من الطفيليات يقتصر تطفله على عائل واحد فقط أو على عدد قليل من العوائل. والتخصص المحدود جدا لبعض الطفيليات بسبب ظروف عوائلها وبسبب قدرة العائل على تحمل وجود تلك الطفيليات هو دليل آخر لتاريخ طويل من الملاءمة المشتركة.

ويمكن أيضاً أهمية الملاءمة المشتركة بين العائل والطفيل إذا ما نجح طفيل في دخول جسم عائل ما دخولا عرضيا. فيرقات الديدان الشريطية والديدان الخطافية والديدان الكبدية والتي عائلها الطبيعي هو بعض الفقاريات غير الإنسان، فلربما تصيبنا أيضا أحيانا عن طريق الخطأ. وعند حدوث ذلك، فإن تلك الديدان تهجر داخلها في الجسم وتسبب أضرارا بالغة أثناء هجرتها الداخلية هذه، وتبدو هجرتها الداخلية وكأنها تبحث عن الظروف الطبيعية لحياتها. والركتسيا المسببة لمرض الحمى المبقعة لجبال الروكي والفيروس المسبب لمرض الحمى الصفراء مثلاً من أمثلة التطفل الموجودة في الحيوانات المعتبرة كمخزن "Reservoir" (مثل القوارض والقرود) وهي لا تسبب أضرارا تذكر لتلك الحيوانات الحاملة لها. أما عن دخول الركتسيا وفيروس الحمى الصفراء أجسام الإنسان فلذلك قصة أخرى.

ويطلق على الطفيليات بأنها كائنات متدهورة، هذا صحيح بعض الشيء إذ أنه أثناء تحولها لأغراض التطفل وهي في أماكنها المحدودة فإن تلك الطفيليات تفقد الصفات الرئيسية اللازمة لها لكي تعيش معيشة حرة. وفقد تلك الصفات أو الأعضاء والتي

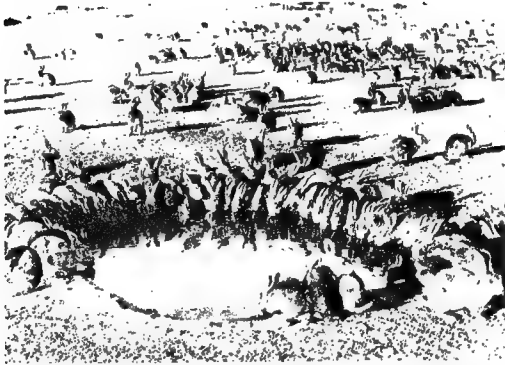
أصبح وجودها الآن غير ذي فائدة يعتبر في حد ذاته كسبا لكفاءة الطفيل مما يزيد من امكانية تخصصه . فالدودة الشريطية ليس لها أعين أو قناة هضمية ولكن بها أجهزة عصبية واخراجية عضلية مضمحلة ، لكن ما فائدة كل تلك الأجهزة داخل أمعاء الإنسان؟ ولكن من جهة أخرى فان لتلك الدودة الشريطية رأسا وجدار جسم (كيوتيكل) منيع ضد الأنزيمات الهضمية وجهاز تناسلي ذو كفاءة عالية وشكلا لا يضع أمامها أي عقبة تهددها أو تضرها لوجودها داخل الأمعاء .

وفقد ان التراكيب العديدة الفائدة هي من صفات جميع الطفيليات . فالبات المتطفل المسمى (Rafflesia) والموجود في الملايو ليست له جذور أو سيقان أو أوراق بل له أنابيب تخترق أنسجة عائله وله واحدة من اكبر الأزهار المعروفة حجما (٣-٥ أقدام في القطر) . وهذا التركيز على أعضاء التكاثر موجود أيضا في الحيوان (Sacculina) والذي يتطفل على سرطان البحر، ويتكون الحيوان البالغ من انتفاخ (Sac) يحتوي على أعضاء التناسل ولا يمكن التعرف على اسم هذا الحيوان الا عن طريق طوره اليرقي وبأنه يتبع القشريات .

وربما تمثل الفيروسات أقصى درجات التدهور، إذ أنها خالية من النظام الأنزيمي اللازم للحياة الحرة . وتتكون أغلب الفيروسات من : (١) جينات كافية لأصدار الأوامر لخلية العائل عن كيفية صنع فيروسات أخرى كثيرة (٢) غلاف بروتيني لمساعدة الفيروس على غزو عائلته .

والمواءمات (Adaptations) التطورية المشتركة للطفيل والعائل قد تقود إلى حالة تجعل فيها الطفيل أقل ضررا لعائلته وفي نفس الوقت تجعل العائل أكثر مناعة للتأثيرات الضارة لهذا الطفيل ، يوجد مثال على ذلك في استراليا .

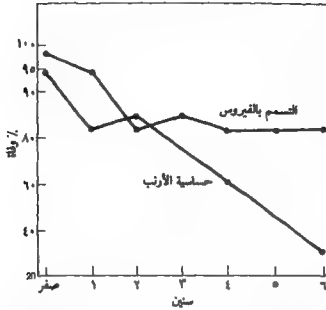
ففي عام ١٨٥٩ ، أدخل الأرنب الأوروبي إلى استراليا لأجل الأغراض الرياضية وتكاثر هذا النوع من الأرانب بكثرة في وطن ليس له فيه مفترسات (الشكل ٤٠-١٠) وقاست عملية تربية الأغنام (وهي مستوردة أيضا) من قلة نباتات الرعى بسبب كثرة الأرانب التي نافستها في هذا المرعى ، أصبح الموقف معقدا حتى عام ١٩٥٠ حيث تم اصابة الأرانب بشدة بفيروس الميكزوما (Myxoma) الذي تم احضاره من البرازيل ونشره ، تسبب ادخال هذا الفيروس في موت نحو ٩٩,٥٪ من تعداد الأرانب . وازدهر



شكل ٤٠ - ١٠ : الأرانب في استراليا . بإزالة كل النباتات الحضرية التي تدهسها بالماشية وبالعفلاء ، لابد للأرانب من شرب الماء من بركة (مستنقع) . (يتصرح من دنستون ، عن بلاك ستار) .

نمو العشب الأخضر ثانية وتوفرت أماكن رعى الأغنام . ومع ذلك فلم تتم إبادة الأرانب رغبا من وجود الوباء ، فاستعادت الأرانب أعدادها ثانية ولكن بمقدار ٢٠٪ من أعدادها الأولى في عام ١٩٥٠ ، الآن أصبحت الأرانب أكثر مناعة للمرض عما كانت عليه عام ١٩٥٠ . وفي كل مرة يصطاد المسئولون أرانب صغيرة برية يتم حقنها بسلسلة معملية من الفيروس (عزلت في عام ١٩٥١) ثم يطلقونها ثانية ، ونسبة الوفاة في تلك الأرانب عموما أقل مما كانت عليه من قبل (الشكل ٤٠ - ١١) .

وبينا نسمى العلاقة بين الأرانب والفيروس علاقة تطفل ، فهل ستبقى تلك العلاقة دائما هكذا؟ ربما . ولكن يوجد دليل على نتيجة التاريخ الطويل للتطور المشترك بين العائل والطفيل والذي يؤدي إلى وضع يفقد فيه الطفيل فعالية في إمكانية إحداثه لأية أضرار لعائله . والكثير من البكتيريا التي تعيش في حلقنا وقناتنا الهضمية لا تحدث أية أضرار ، يطلق على مثل تلك العلاقة التي يكون وجود هذه الطفيليات (البكتيريا) مفيدا ولا يسبب ضررا للإنسان اسم معايشة مشتركة (Commensalism) ولكن إذا ما حدث



شكل ٤٠ - ١١: التغيرات التطورية في تسمم فيروس الميكزوما Myxoma وحساسية الأرنب الأوربي للفيروس في السنوات التي تلت إدخال (عام ١٩٥٠) الفيروس إلى استراليا. يقاس تسمم الفيروس بتقدير نسبة الموت في أرناب المعمل عند اصابتهم بالفيروس المعزول كل ستة من تعداد الأرناب البرية وحساسية تعداد الأرناب البرية كان يقاس بتقدير نسبة موت الأرناب الصغيرة البرية عند اصابتها حملا بسلاسل من الفيروس معزولة بعد وقت قصير من الوفاء الأول وحفظها بعد ذلك في المعمل. (اعيد رسم الشكل باذن من سيرماكفارين بورت، د. و. هوبت، التاريخ الطبيعي للأمراض المعدية، الطبعة الرابعة، مطبعة جامعة كامبردج ١٩٧٢).

شيء، مثل هبوط الاستجابة المناعية والتي تساعد تلك الكائنات (البكتيريا) على أن تسود أي يكون لها اليد العليا، عندئذ تنقلب ظاهرة المعايضة المشتركة إلى ظاهرة تطفل Parasitism ثانية.

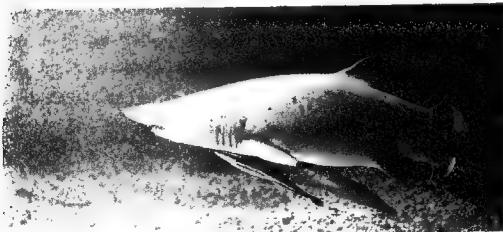
والذي يبدأ كتطفل ربما يؤدي إلى وضع يستفيد منه الطفيل والعائل، تسمى مثل تلك العلاقة الجديدة التي يستفيد منها كلا الطرفين بتبادل المنفعة (Mutualism) واكتشف العالم ك. و. جيون (K. W. Jeon) عام ١٩٦٦ م بيئة من الأميبات والتي لوثت بالبكتيريا (٦٠,٠٠٠ - ١٥٠,٠٠٠ لكل خلية) وأثرت إصابة الأميبا بالبكتيريا تأثيرا عكسيا إذ بدأ معدل تكاثرها (أي الأميبا) في النمو يبطئ وأصبحت هشة، بعد خمسة سنوات مازالت البكتيريا موجودة ولكن لم تشاهد أية ظواهر مرضية على الأميبا، والأغرب من ذلك فإن الأميبا أو على الأقل نواتها - أصبحت معتمدة على البكتيريا. وبما

أنه أصبح الآن من السهل فصل نواة من حيوان أميبي وزرعها ثانية مع نواة أخرى، فقد حدث عند نقل نواة من أميبا مصابة وزرعت مع نواة في أميبا غير مصابة كانت النتائج طيبة ولكن عند زرع نواة مأخوذة من أميبا مصابة في سيتوبلازم أميبا غير مصابة (بعد نزع نواتها) ماتت الأميبا الأخيرة.

COMMENSALISM

٤٠-٤: المعيشة المشتركة

المعيشة المشتركة (Commensalism) معناها الجلوس سويًا على مائدة واحدة وتستخدم عند وصف العلاقة المنفعة التي يستهلك فيها كائن الغذاء الغير مستعمل أو الذي لا يتناول الكائن الآخر. فالعلاقة الموجودة بين الريمورا (Remora) وسمك القرش مثال واضح على ذلك. فالزعنفة الظهرية للريمورا محورة إلى عضو التصاق يمكن الريموراء من الالتصاق المؤقت بجسم سمك القرش (الشكل ٤٠-١٢). ولا يبدو أن هذه العملية تضايق القرش كما أنها لا تجعله يحاول افتراس الريمورا، عندما يتغذى القرش توضع الريمورا نفسها في وضع تستطيع منه تناول ما يسقط من القرش. وتوجد أنواع خاصة من البارناكلز (Barnacles) موجودة على فكوك الحيتان لتنظيفها مما يعلق بها من الغذاء، كما توجد أنواع أخرى من البارناكلز تعيش معيشة مشتركة مع البارناكلز الأخرى الموجودة على فكوك الحيتان.



الشكل ٤٠-١٢: سمكة القرش تهر الرمل ملتصقا بها سمكتان ريموراس (Remoras) وجود الريموراس يبدو انه غير مريح لسمكة القرش وهما يستفيدان من كحت الطعام المتروك بدون التهام من المائل. (بتصريح من جمعية نيويورك لعلم الحيوان).

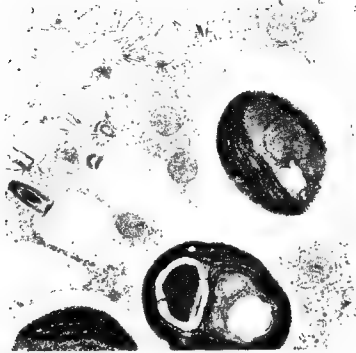
وكثير من أنواع البكتيريا التي تعيش داخل الأمعاء الغليظة في الإنسان يمكن وصف وجودها بأنه معيشة مشتركة، فهي تتغذى على المواد الغذائية الغير مهضومة ولا تسبب أية أضرار للإنسان. وفي حقيقة الأمر، فالتجارب المستفادة من تربية حيوانات معملية خالية من الجراثيم تظهر لنا بأن بعض هذه البكتيريا على الأقل والتي تعيش في أمعائنا تفيد عائلها. فحيوانات التجارب الخالية من الجراثيم (الفئران مثلا) كانت غير طبيعية من عدة نواح وأصبح الان طبيعيا حقن تلك الحيوانات تلقائيا بعدة أنواع من الكائنات الدقيقة حتى تنمو الحيوانات طبيعيا. وبدون شك فان العلاقة بين تلك الأحياء الدقيقة وعوائلها من الحيوانات هي نوع من المعيشة المشتركة إلى حد ما.

MUTUALISM

٥٤٠ : تبادل المنفعة

ان العلاقة المشتركة التي يستفيد منها كل نوع تسمى تبادل منفعة (الكثير من علماء الأحياء يفضلون تعبير Symbiosis فقط على تلك العلاقة). وتوجد الطحالب دائما نامية داخل الأفراد شاذة التغذية (Heterotrophic) فالحيوان الأولي الهدبي براميسيوم بورساريا (*Paramecium bursaria*) يأوي بداخل جسمه الطحالب الخضراء وحيدة الخلية (الشكل ٤٠-١٣) ويمد الطحلب عائله بالغذاء ويستفيد الطحلب من عائله بالحصول على ثاني أكسيد الكربون والذي يمكن أن يحمله العائل إلى الأماكن التي يتوفر فيها الضوء الكافي. ويمكن تربية البراميسيوم والطحلب كلا على انفراد ولكن عندئذ يجب إمداد البراميسيوم بغذاء اضافي، عند وضعها ثانية مع بعضهما البعض فان البراميسيوم ييلع الطحلب ويحتفظ به في فراغات داخل جسمه. وكثير من الأحياء المائية الأخرى التي تتغذى على أغذية مختلفة مثل بعض الأسفنجيات وأنيمون البحر والبلاناريات والكلامات تحوى أيضا طحالب داخل خلاياها.

وعلاقة تبادل المنفعة بين النباتات والفطر كثيرة، فالفطر يغزو ويعيش داخل أوبن خلايا قشرة الجذور الثانوية للنبات. والعلاقة بين الفطر والجذر تسمى الجذر فطريات "Mycorrhiza" والعديد من التجارب أثبتت بوضوح أن وجود فطريات الميكوريزا يزيد بكثير من كفاءة امتصاص النبات العائل للمعادن من التربة، كما أن بعض الجذر فطريات تفرز مضادات حيوية (Antibiotics) قد تساعد على حماية عائلها من الغزو بالفطريات المتطفلة والبكتيريا.



شكل ٤٠-١٣: تبادل المتفعة الداخلية. الحيوان الاوى *Paramecium bursaria* ، الذي يأوى طحالب خضراء وحيدة الخلية (البعضوية الغامقة) بداخله. تمد الطحالب العائل بفوائده. وكلا الكائنين يمكن تربيتهما معبدا عن بعضهما البعض، ولكن البراميسيوم لايد من ان يعطي غذاء اضافيا وعند احضارهما سويا ثانيا، يتلغ البراميسيوم الطحالب ويحتويها في فراغات غذائية. وكثير من الكائنات المائية عديدة التغذية، مثل الاسفنجيات، البيتاريات، الكلامز، تأوى أيضا طحالب بداخل خلاياها. (x - ١٢,٠٠٠، بتصريح من ستيفان كاركاثيان).

ولقد تم توضيح ميزة هذه العلاقة للفطر، إذ أن الأخير يحصل على غذائه من السكريات التي يخزنها النبات في جذوره. وفي الحقيقة، فإن الجذر فطريات قد تنشئ صلة للعناصر الغذائية بين أنواع النباتات فالنبات الهندي عديم اللون وشاذ التغذية والمسمى (Indian pipe) (الشكل ٤٠-١٤) يوفر غذاءه من الفطر المتصل بجذور نباتات أخرى ذاتية التغذية مثل الصنوبر (Pine) أو التنوب القضى (Spruce) واستخدام الكربون المشع على أشجار التنوب القضى (Spruce) انتهى بظهوره في النبات (In-dian pipe) حتى ولو كانت أشجار التنوب القضى نامية على مسافات بعيدة نسبيا على أرض الغابة.

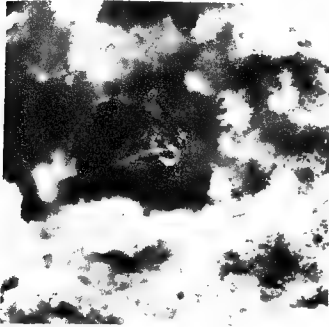
والكثير من أنواع عيش الغراب والتي نراها نامية على أرض الغابات ما هي الا



شكل ٤٠-١٤: الببسة الهندية نبات زهري يتقصه الكلوروفيل، يأخذ غذاءه عن طريق فطر ميكوريزي، والذي يصل جذوره لجذور أنواع تحتوي على كلوروفيل مثل شجرة سبروس أو صنوبر (بتصریح من ج. و. تومسون)

الأجسام المكونة للجراثيم في فطريات الميكوريزا. ويوجد الكمأ (Truffle) دائماً في غابات أشجار البلوط إذ أن هذا الفطر الذي ينتج هذا الكمأ ينشئ اتصالة الميكوريزي على جذور أشجار البلوط.

وتحتاج علاقات تبادل المنفعة دائماً لتغيرات في التركيب والوظيفة وحتى في السلوك لمواءمة تلك العلاقة وذلك من جانب كلا النوعين. فبعض أنواع النمل توفر غذاءها بتنمية حدائق من فطر خاص في أعشاشها الموجودة تحت سطح الأرض (الشكل ١٥-٤٠). ويتغذى الفطر المذكور من أوراق يجمعها النمل ويحضرها إلى تحت سطح الأرض ومعضنها حتى تصبح تلك الأوراق عجينة مغذية للفطر. والحقيقة في عدم وجود هذا الفطر إلا في حدائق النمل تدل على وجود ملاءمة فسيولوجية تساعد هذا الفطر على النمو بنجاح. وسلوك النمل بدون شك موجه لتوفير صلة تبادل المنفعة هذه، فوق ذلك فتوجد صفة خاصة موجودة في النمل تساعد على إيجاد هذه الصلة ألا وهي وجود جيب في رأس الملكة تستنشق فيه الملكة بعضاً من الفطر قبل تركها العش بعيداً للبدء في بناء عش أو مستعمرة جديدة منفصلة. والشكل (١٦-٤٠) يوضح مثلاً آخر لأحد أنواع علاقة تبادل المنفعة والتي تركز على وجود تكيفات سلوكية خاصة.



شكل ٤٠-١٥: نملة

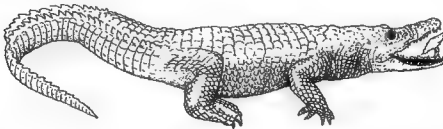
Mycetosoritis harmanli

تتغذى على حليقة فطرها .
الحيوط البيضاء المحيطة
بالنملة هي الفطر النامي على
بقايا اوراق حصدتها النملة
ووضعتها في حليقتها .
(بتصريح من جون س .
موزر، مصلحة الغابات
الامريكية)

SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION

تثبيت النيتروجين التكافلي

بالنسبة إلى النظام الاقتصادي الكلي للمجال الأحيائي فإن أهم الأمثلة على تبادل المنفعة هي التي نشأت بين بكتيريا التربة من جنس ريزوبيام (*Rhizobium*) وبين عوائلها من المحاصيل البقولية . ولو أن كل كائن منها (البكتيريا والمحاصيل البقولية) يستطيع الحياة مستقلا عن الآخر (شرطة توفير المواد النيتروجينية اللازمة للبقوليات في التربة)، فإن نموها سويا هو نافع لكليهما، إذ مع بعضها البعض فقط يحدث تثبيت النيتروجين . ويتم تثبيت جزء هام اليوم من النيتروجين على الأرض بسبب وجود تبادل المنفعة بين الريزوبيا والبقوليات . ونظرا لأهمية تثبيت النيتروجين عن طريق تبادل المنفعة

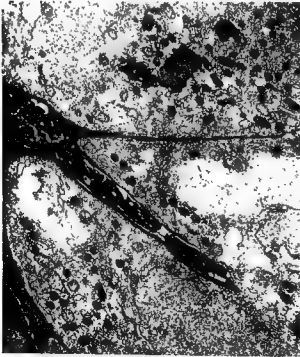


شكل ٤٠-١٦: تبادل المنفعة بالتنظيف . يفتح تمساح النيل فمه ويسمح للطائر المصري (Plover) بالتنظيف على أي ميدان ملتصقة بلثة فمه . تبادل المنفعة بالتنظيف كثير الحدوث في الأسماك .

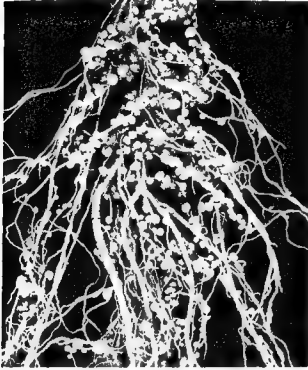
هذه ، فلقد درست تلك العملية بامعان . ولنختبر الآن بعض الظواهر الرئيسية لتلك الطريقة .

فالريزوبيا بكتيريا عصوية (Bacili) سالبة لصبغة جرام وتعيش حرة في التربة (وخاصة في التربة التي كانت متزرعة بالبقوليات من قبل) . وعلى أية حال فطلما كانت البكتيريا موجودة في التربة بمفردها فانها لا تستطيع تثبيت النيتروجين ، ولكنها يمكنها ان تبدأ في تثبيت هذا النيتروجين إذا ما أمكنها غزو جذور النبات البقولي المناسب .

ويعتبر غزو جذور البقوليات بالريزوبيا بأنه إصابة ، لكنها إصابة تختلف ، فجذور البقوليات تفرز في التربة مادة تجذب اليها الريزوبيا ، وبمجرد دخول البكتيريا خلية من خلايا بشرة الجذر فانها تهاجر إلى قشرة (Cortex) الجذر وتحدث هجرة البكتيريا داخل قناة داخلية تنمو بداخل إحدى خلايا القشرة ومنها إلى داخل خلية أخرى وهكذا (الشكل ٤٠-١٧) . ويطلق على هذه القناة اسم خيط الإصابة (Infection thread) والتي تكونها بالفعل خلايا الجذر وليست البكتيريا وتتكون فقط نتيجة الاستجابة للأصابة . وعند وصول قناة خيط الإصابة إلى خلية عميقة في قشرة الجذر فانها تنفجر وتنتشر البكتيريا داخل الخلية الأخيرة . ويتسبب وجود البكتيريا في جعل الخلية تقوم



شكل ٤٠-١٧ : إصابة مملوءة بخيوط الريزوبيا نامية داخل خلية (من الجهة اليسرى العلوية إلى اليمين المتخفّض) . لاحظ كيف ان جدار خيط الإصابة مستمر مع جدار الخلية . وبمجرد انفجار الخيط ، تخرج الريزوبيا مباشرة إلى سيتوبلازم الخلية (اجسام بيضاء غامقة) . (صورة إلكترونية دقيقة بتصريح من د. ص. جوردان) .



شكل ٤٠-١٨: عقد على
جلود نبات يرسم قلم
الطيور، نبات بقولي
(بصريح من شركة
نيتروجين، ميلواكي،
وسكنس).

بعده انقسامات غير مباشرة - ولكن بدون انقسام في الخلية نفسها - وبذلك تصبح الخلية عديدة الكروموسومات (Polyploid) ثم تنقسم الخلية بعد ذلك بسرعة مكونة بطبيعة الحال عقدة (Nodule) (الشكل ٤٠-١٨)، المنبه لكل هذه التغيرات ربما يكون سببه إفراز السيتوكينات (Cytokinins) (انظر قسم ٢٦-٨) بواسطة الريزوبيا.

ومر الريزوبيا كذلك في سلسلة من التكاثر السريع داخل خلية العقدة (Nodule) ثم تبدأ التغير في الشكل وتفقد القدرة على الحركة، تسمى عندئذ بالبكتيرويدات (Bacteroids) والتي تملأ عندئذ خلية العقدة (الشكل ٤٠-١٩). وعند هذا الوقت فقط تبدأ عملية تثبيت النيتروجين.

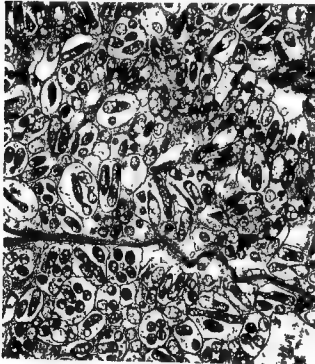
وليست العقد الجذرية عبارة عن كتل عديمة التركيب من الخلايا، ولكن تصبح كل خلية منها متصلة بخشب (Xylem) ولحاء (Phloem) النظام الوعائي لبقية النبات. وبذلك يكون نمو العقد الجذرية معتمدا على وجود الريزوبيا وفي نفس الوقت تكون العقد الجذرية إحدى النماذج المرتبطة ارتباطا تاما بالنبات (الشكل ٤٠-٢٠).

وبدون الريزوبيا لا تستطيع البقوليات تثبيت النيتروجين، حتى ولو وجدت أنواع

أخرى من البكتيريا في التربة (مثل البكتيريا العقدية الأزوتوباكتر - *Azotobacter*) والتي تستطيع بنفسها أن تثبت النيتروجين بدون اللجوء إلى إيجاد أي نوع من أنواع تبادل المنفعة مع كائنات أخرى. وبوضوح، فإن البقوليات والريزوبيا تشتركان سويا في ضرورة إيجاد العلاقة بينهما بالنسبة لتثبيت النيتروجين. والسؤال الآن، بإذا يساهم كل عضو منها في تلك العملية؟

أثبتت الدراسات الكيمياء حيوية للبكتيرويدات (Bacteroids) المعزولة احتوائها على جميع الوسائط الحيوية ومنها انزيم النيتروجيناز (انظر قسم ٣-٤٢) واللازم لتثبيت النيتروجين. إذن لماذا الحاجة إلى النبات البقولي؟ بطبيعة الحال وجود النبات البقولي ضروري إذ أنه عامل مساعد وذلك بتزويد البكتيرويدات بالمواد الغذائية اللازمة لتلك البكتيرويدات حتى يمكنها تصنيع الكميات الكبيرة من مادة (ATP) المطلوبة لتحويل ذرات النيتروجين الحامل (N_2) إلى أمونيا. (NH_3).

ولضمان الحصول على كميات كبيرة من (ATP) تحتاج البكتيرويدات إلى الأكسجين للقيام بعملية التنفس في الخلية. وعلى أية حال، فنشاط إنزيم النيتروجيناز يوقفه بشدة الأكسجين، لذلك لا بد للبكتيرويدات من اتباع طريق محكم بين وجود كميات



شكل ٤٠-١٩: خلايا ملوثة بالبكتيريا مأخوذة من عقدة نشطة من ثيات فول الصويا. الخط الأفقي يحدد الجدار بين خلايا عقدتين متجاورتين (تكبير ١٠,٤٠٠ مرة، بتعريض من ر. و. هريوت).



شكل ٤٠ - ٢٠: يسار:
حلقة من جذر نبات البسلة
لاظهار نشوء جدر جانبي
يمين: حلقة جذر بسلة
لاظهار عقدة ناشئة (١٢ يوم
بعد إصابة الجذر بالريزوبيا)
كلا التركيبين متصلين بجهاز
حمل الغذاء في النباتات
(المنطقة الغامقة محيطة خلال
مركز الجذر) (الصور الدقيقة
مكبرة ١٢ مرة، بتصريح من
جون ج. توري).

كبيرة وكميات قليلة من الأوكسجين. وبما يسهل وظيفة البكتيرويدات ما يقدمه لها النبات العائل من مساعدة: وهو الهيموجلوبين. فالعقد الجذرية مملوءة بالهيموجلوبين لدرجة أنه إذا ما فتحت عقدة طازجة فان لونها الأحمر البراق يظهر بوضوح للعيان. ويسمى هيموجلوبين البقوليات باسم ليح هيموجلوبين (Leghemoglobin) مثل هيموجلوبين الفقاريات، ربما فائدته إمداد البكتيرويدات بالكميات المناسبة من الأكسجين واللازمة فقط لأحتياجاتها المتضاربة.

وفوق ذلك فان النبات العائل لابد وأنه، بطريقة ماغير معروفة حتى الان، يمكنه تحويل الريزوبيا الغير قادرة على تثبيت النيتروجين إلى بكتيرويدات في استطاعتها ذلك.

كيف أمكن إذن لمثل هذين المعيشة المعقدة بهذه الكيفية؟ ويفرض أنه كان في امكان أسلاف الريزوبيا القيام بالعملية كلها بأنفسهم كما يفعل الكثير من أنواع بكتيريا التربة الان - فلابد وأنها قد استفادت استفادة حقيقية من مشاركتها الأعباء مع البقوليات، إذ ربما أن البيئة التي تهيؤها النباتات العائلة، مثل وفرة الغذاء والكمية المناسبة من الأكسجين قد مكنت الريزوبيا من أداء مهمتها بطريقة أفضل من ذي قبل، مكنتها كذلك من إيقاف بعض الوظائف التي كانت تؤديها بكفاءة التي يمكن للبقوليات أن تقوم بها بكفاءة أكثر.

وليست جميع أنواع الريزوبيا في امكانها احداث عقد على جذور كل البقوليات، إذ أن بعض الريزوبيا يمكنها اصابة البسلة فقط، والبعض الاخر سلالات البرسيم فقط (Clover) والبعض البرسيم الحجازي (Alfalfa) فقط، هكذا.

والتعريض المتعدد لبذور البقوليات للسلالة المناسبة لكل نوع من تلك البقوليات قد أصبح الان من الأعمال الزراعية الروتينية. والصورة الموجودة في الشكل (١٨-٤٠) أخذت بواسطة باحثين يعملون في شركة متخصصة في انتاج سلالات الريزوبيا المناسبة لكل محصول بقولي.

والتعقيدات التي تحدثها الهندسة الوراثية والتي تمت دراستها في قسم (١٤-٦) لم تنب عن أفكار الباحثين في مجال تثبيت النيتروجين. ففي عام ١٩٧٢م نجح العلماء الأنجليزيان ر. أ. ديكسون (R. A. Dixon) ج. ر. بوستيج (J. R. Postage) في نقل الجينات اللازمة لتثبيت النيتروجين (وهو *nif* جين) في بكتيريا القولون *E. coli* والأبحاث المذكورة هذه لا يجب أن تبعدها عن اعتقادنا على النبات والحيوان في تثبيت النيتروجين، لكنها أيضا تفتح أمامنا المجال عن امكانية زرع تلك الجينات في أنواع أخرى من الخلايا. والمنبع الرئيسي للطاقة التي يتطلبها الإنسان هي الحبوب النجيلية كالأرز والقمح والذرة وكما أن تلك الحبوب النجيلية تعتبر مثالية في تلبية احتياجات الإنسان من السعرات الحرارية، فإن البروتين الموجود بها (والتي لأجلها تحتاج إلى كميات كبيرة من المخصبات الكيميائية النيتروجينية) غير كاف لتلبية احتياجات الإنسان الغذائية. فإذا ما أمكن ادخال جين *nif* الفعال في تلك الحبوب النجيلية، فسوف يكون هذا تقدما غير عادي في قدرة الإنسان على تغذية نفسه.

٦-٤٠: التنافس بين الأنواع , INTERSPECIFIC COMPETITION

عندما يعتمد كل من نوعين مختلفين من الكائنات على مصدر واحد معين في بيئتهما فانهما لابد وأن يتنافسا مع بعضهما البعض على هذا المصدر. وفي أغلب الحالات، يكون هذا المصدر نوعا من الغذاء، لكن توجد أشياء أخرى قد تكون مصدرا لهذا التنافس. مثل المأوى وأماكن بناء الأعشاش ومصدر مائي ومكان في الشمس (للنباتات).

وجميع المصادر السابقة والتي تكون الاحتياجات البيئية اللازمة لأي نوع من الأنواع (Species) تكون ما يسمى بالمحارب البيئي Ecological Niche لهذا النوع.

HABITAT AND NICHE

المأوى والمحارب

المأوى هو المكان الذي يعيش فيه الحيوان، وتمت في الباب الثامن والثلاثين دراسة عدد من أماكن المأوى للمستنقعات (Bogs) والمياه الراكدة ومصبات الأنهار (Estuaries) والصحارى والكثير غيرها. وبداخل الأماكن العريضة للمأوى هذه توجد عدة تحت أقسام، لذلك فانه في منطقة البحيرات مثلا نجد أن بعض الحيوانات تحفر في الطين لتعيش فيه وأخرى تعيش بين النباتات النامية في تلك البحيرات. وتسمى تحت التقسيمات هذه في أماكن المأوى بأماكن المأوى الدقيقة (Microhabitats).

والمحارب البيئي لأي كائن لابد وأن يتوافر مع مكان مأواه، عموما فان اصطلاح المحارب يدخل في الحسبان اعتبارات أخرى أبعد من مسكن هذا الكائن. فالمكان الذي يتبوّه نوع من الأنواع في نسيج غذائي مثلا يعتبر عامل رئيسي في تحديد محرابه البيئي، لكن توجد عوامل أخرى تدخل في هذا الاعتبار مثل مدى درجة الحرارة والرطوبة والملوحة وغيرها، والتي إذا أمكن لأحد الأنواع الموجودة في هذا المأوى أن يتحملها فان هذا يساعد قطعاً في تحديد محرابه الخاص به في ذلك المأوى. وعلى سبيل المثال فان معرفة العنوان البريدي (المأوى) لشخص ما يدلنا على المكان الذي يمكن الذهاب اليه لرؤية هذا الشخص، وفي نفس الوقت فان معرفة وظيفته والطرق العديدة الأخرى التي يتعامل بها هذا الشخص مع الآخرين من عشيرة فانها تخبرنا بالكثير أيضاً عن هذا الشخص. ونفس الطريقة، فان المحارب البيئي لنوع من الأنواع يشمل كل ما يتعلق بالوظيفة التي يشغلها هذا النوع داخل النظام البيئي (Ecosystem) الذي يعيش فيه.

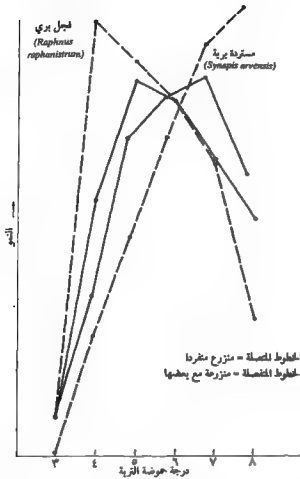
وكل عامل يساهم في محراب أي نوع يمكنه ان يعم أي يؤثر في مدى (Range) من القيم، لذلك فان كل كائن يمكنه أن يتحمل مدى معين من الحرارة والرطوبة ودرجة الحموضة (مثل نبات أو كائن يعيش في الماء) والملوحة (مثل الحيوانات الموجودة عند مصبات الأنهار) وغيرها. وعلى العموم فان الكائنات ذات المدى العريض التحمل نجدها دائما أكثر انتشاراً عن تلك الكائنات ذات المدى الضيق.

و إمكانية بقاء تعداد ما (Population) الدائمة في مكانه المتوفر فيه المدى الذي يتحملة تعتمد أيضا على مقدار المنافسة بين الأنواع التي يواجهها هذا التعداد. إذ في أغلب الأحوال نجد أن هذا التنافس بين الأنواع يضطر أحد الأنواع إلى المعيشة في أقرب مكان ممكن قرب حواف مكان حدود تحمله بدلا من المعيشة داخل تلك الحدود. والمثل الواضح على ذلك ماثله في الشكل (٤٠-٢١) والذي يوضح أنه إذا ما زرعت مستقلة، فإن كلا من هذه الحشائش تنمو بازدهار في تربة ذات درجة حموضة ما بين ٥، ٧، لكن إذا ما زرعت مع بعضها البعض فإنه ينتج عن التنافس فيما بينها عدم نمو أي حشيشة منها نموا جيدا في مدى درجة حموضة التربة السابق ذكرها. ومع ذلك فإنه عند درجة حموضة ٤ فإن الفجل البري (*Raphanus raphanistrum*) ينمو على حساب نبات المستردة البري (*Sinapis arvensis*) وعند درجة حموضة ٨ ينعكس الوضع (الشكل ٤٠-٢١).

ولا يكون مدى التحمل متساويا طوال حياة كائن من الكائنات. وعلى سبيل المثال، فالنباتات المستديمة يمكن إعادة زراعتها وتنمو بنجاح في أماكن لم ينجح فيها نمو بذورها أو لم تستطع فيها بادراتها تكملتها نموها. ولقد تم تحليل الكثير من أمثلة مدى التحمل هذه في أوائل هذا القرن بواسطة عالم البيئة شلفورد (V. E. Shelford) الذي قام بدراسة الشبكة الغذائية الموضحة في الشكل (٣٨-٦).

والمحارب لبعض الكائنات عريض نسبيا. فالصقر يغير من طعامه تبعا للتعداد النسبي للعديد من الحيوانات التي يستخدمها في صيده. ومحارب سوسة اللوز في القطن على العكس من ذلك، إذ أن محاربا ضيق حيث تتغذى فقط على نباتات القطن، فإذا لم يتواجد القطن لا تتواجد سوسة اللوز. ووجود محارب متشابهة في أنحاء مختلفة من العالم يوضح ظاهرة التطور المتقارب.

وبينما نجد أن محارب الكثير من أنواع الحيوانات في أي تعداد تنطبق أي تشابك مع بعضها البعض، إلا أنه لا يوجد نوعان يشغلان تماما نفس المحارب في نفس الموقع، وإذا حدث ذلك، فيجب أن نتوقع أن أحد النوعين أكثف من النوع الآخر في استغلال المحارب، بمرور الوقت سيأخذ هذا النوع الآخر مكان النوع الآخر تماما. وهذا المبدأ من الإستبعاد التنافسي (Competitive exclusion) قد لا يكون دائما



شكل ٤٠ - ٢١: الانعزال البيئي الناتج عن المنافسة بين الأنواع. عند الزراعة بمفردها، كلا الفجل البري والمستردة البرية ينجمان جيدا في تربة درجة حموضتها بين ٧.٥ (الخطوط المتصلة). على أية حال، عند زراعتها سويا، لا ينمو كلاهما جيدا تحت نفس درجة حموضة التربة المذكورة، فالفجل البري يفوق في النمو المستردة البرية عند درجة حموضة ٤، والعكس صحيح عند درجة حموضة ٨ (الخطوط المنقطعة). (من أرقام هـ. أبلينبرج).

صحيحا. فمثلا قد يشغل نوعان من الحشرات نفس المحراب ، لكن قد توجد عوامل أخرى (كالبجو والتطفل والأفتراس) شديدة القسوة لدرجة لا يستطيع فيها تعداد أي من الحشرتين أن يكون كبيرا بما فيه الكفاية للقضاء كلية على التمرين الغذائي وعموما فإن الدرسه الكثيفة للعادات الغذائية لنوعين من الأنواع واللذين يبدو ان وكأنها يسكنان في نفس المحراب تظهر بعض الاختلافات . فالثلاثة شراشير (طيور مغردة) التي ذكرها داروين (Darwin)

وهي : *G. fortiss*, *G. fuliginosa*, *Goespiza magnirostris* تأكل كمية محدودة من نفس الغذاء، ولكن يدخل في غذاء كل نوع من الأنواع الثلاثة المذكورة نوع من الحبوب ذات الحجم الذي لا يدخل غالبا في غذاء كل من النوعين الآخرين .

والقدرة المحدودة التي تستطيع بها البيئة انتاج الطاقة هي العامل المحدد لحجم

التعداد، وهذا العامل على أية حال لا يمكن الوصول اليه تحت الظروف الطبيعية. فكل مصدر غذاء يستغله أكثر من نوع، فالنطاطات والأرانب والأبقار كلها تتنافس على الأعشاب التي يمكن الحصول عليها. وبمعنى آخر فإن وجود الأرانب يقلل من قدرة تحمل البيئة (K) للنطاطات والأبقار، والاختيار بدورها يقللان (K) للأرانب أيضا وكذلك لبعضهم البعض. وعلى ذلك فإن تعداد كل من الأرانب والنطاطات والأبقار تتحكم في المنافسة بين هذه الأنواع. وتحت هذه الظروف، فإننا نقدر أي ميزة أو خاصية متوارثة تستطيع أن تقلل من شدة التنافس الموجود بين الأنواع، التي تحت ظروف الانتخاب الطبيعي، ستصبح صفة ثابتة في التعداد. والنتيجة الطبيعية التي سنحصل عليها هي تطور المواءمة (التكيف) والتي تزيد من كفاءة التغذية عند الأنواع. والتنافس الشديد بين نوعين من شرشير داروين وهما (*C. psittacus*) (*Carmarhynchus pauper*) (*tacula*) على حجم معين من البذور التي تتغذى عليها ينتج عنه اتجاه انتخابي قوي، هذه النتيجة تسمى صفة الأحلال *Character displacement* "وبالتالي انقاص في درجة تداخل محرابي هذين النوعين ويمكن بذلك للنوعين المعيشة سويا.

وتسير زيادة الكفاءة في التغذية جنبا إلى جنب مع زيادة التخصص ويكون نتيجة لذلك التضيق المستمر لكل نوع. فسوسمة لوز القطن والفراشة التي يبلغ طول خرطوم أجزاء فيها (Proboscis) - ٢٥ سم تمثل كل منها تخصصا شديدا في التغذية، ولو أن محرابيهما ضيق إلا أن في استطاعتها استغلال المحرابين بكفاءة أكبر عما يستطيع أن يفعله المنافسون لها.

والنباتات أيضا، دائما في حركة تنافس مع أنواع نباتية أخرى للحصول على ضوء الشمس والتربة والماء والمعادن، توجد مواءمات كثيرة متخصصة والتي يستطيع بها النبات التقليل من المنافسة بين الأنواع على الضروريات المذكورة. والأنواع ذات المجموع الجذري الضحل يمكنها أن تعيش مع الأنواع ذات المجموع الجذري العميق لأن كلا منها تمتص من منطقة مختلفة من التربة. وبذور أنواع النباتات التي تحمل الظل قد لا تنبت في الأماكن المشمسة حيث لن يكون لها ميزة تنافسية. بنفس المقدار لا تنمو بذور الأنواع التي لا تحمل الظل بنجاح في الأماكن الظليلة. وفي الصحراء، تترك الأوراق التي تساقط من نبات الشجيرة البراقة *Brittlebush* "سما في التربة تبعد عنها النباتات الحولية المنافسة. وتطور النباتات المعلقة، والكروم، (في حالة الكثير

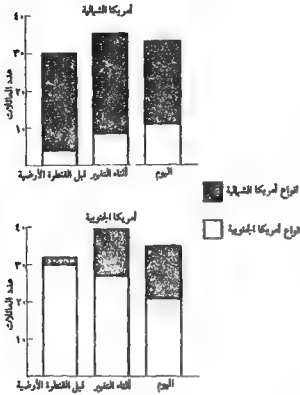
من أراضي الغابات التي تنمو بها الشجيرات) يجعلها تنمو قبل حمل أشجار الغابات لجميع أوراقها، هذه تمثل حالة من حالات التكيف للمنافسة بكفاءة للحصول على ضوء الشمس.

٧-٤٠: كم عدد الأنواع التي يمكنها أن تعيش مع بعضها البعض في منطقة واحدة:

HOW MANY SPECIES CAN COEXIST IN ONE AREA

رأينا في القسم السابق كيف يمكن للتنافس بين الأنواع أن يؤدي إلى ازاحة الصفة، فإذا ما تواجد نوعان لهما نفس الاحتياجات البيئية في نفس المنطقة فإن الانتخا ب الطبعي يقوم بالأقلال من مقدار التداخل المحرابي الموجود بين النوعين. وبمعنى آخر، فإن المحارب العريضة منطقة ما تبدأ في الانقسام إلى أقسام تنقسم بدورها أيضا إلى أقسام أصغر كلما امتلأت المنطقة بالأنواع.

وهل هناك حدود لهذه العملية؟ كم عدد الأنواع التي يمكن أن تعيش سوا في منطقة واحدة. تبدو أن الأجابة على السؤال الأول بأنها نعم فدراسة حفريات الثدييات في الأمريكتين تمدنا بمثال على ذلك. فقبل حقبة البلايستوسين (Pleistocene) كانت تنفصل أمريكا الشمالية عن أمريكا الجنوبية بالمحيط وكان موجودا بأمريكا الجنوبية نحو ٣٠ عائلة من الثدييات و بأمريكا الشمالية نحو ٢٥ عائلة (الشكل ٢٠-٢٢). ومنذ نحو ٢ مليون سنة اتحدت القارتان في منطقة بنا الحالية. وبوجود هذا الكوبري الأرضي، ابتدأت الثدييات في الهجرة من قارة إلى أخرى، نتيجة لذلك ارتفع عدد العائلات في كل من تلك القارتين، لكن كانت هذه الزيادة وقتية فقط، إذ بمرور الوقت اندثر الكثير من الأنواع في كلتا القارتين. ونحن نرجح أن كل تعداد (Population) احتوي أنواعا كانت تكتشف نفس المحارب وتقابل هذه الأنواع خلق التنافس العنيف بينها. وكان هذا التنافس أشد على الخصوص بين الأنواع الموجودة في أمريكا الجنوبية والتي قاست معايير أكبر من الأندثار فوق أرضها و أيضا فوق أرض أمريكا الشمالية (الشكل ٢٢-٤٠). واليوم، فإن تعداد الثدييات فوق كل قارة قل بكثير حتى أصبح مساويا لما كان عليه قبل الحقبة البليوستوسينية بالرغم من بقاء الكوبري الأرضي عند بنا. ولو أنه من غير الممكن التنبؤ عن معرفة الأنواع التي سينتهى بها المطاف بالوجود في بيئة ما،



فالعديد الكلى للأنواع التي يمكنها أن يعيش هناك يبدو وكأنه عديد.

فما هي العوامل التي تحكم عدد الأنواع التي يمكنها أن تعيش سويا في منطقة ما ؟ ولو أن أحدا لا يستطيع التظاهر بأنه يعرف القائمة الكاملة لهذه العوامل، إلا أنه قد تحدت بالفعل بعض العوامل.

CLIMATE

١ - المناخ:

أن مناخ أي منطقة - الماضي والحاضر - له تأثير واضح على أعداد الأنواع التي يمكن تواجدها في هذه المنطقة. وفي الباب الثامن والثلاثين، تمت دراسة تأثير الجو على عدد السرعات الحرارية التي يمكن اقتناصها بالأنواع المختلفة من الأنظمة البيئية (Ecosys-tems) فالمناطق ضعيفة الإنتاج، مثل الصحارى والتندرا (Tundra) تحوّل أبواء أعداد أقل من الأنواع عن المناطق العالية الإنتاج كالمناطق الاستوائية. وتعتبر التقلبات الموسمية في الجو أيضا هامة في الحد من تعدد الأنواع، ينشأ عن التقلبات الموسمية الشديدة القسوة بسبب الحرارة أو التزود بالماء مثلا وغيرها أحداث اعتناق زجاجة بيئية تحد من أعداد الأنواع التي تعيش معيشة دائمة في المنطقة.

DIVERSITY OF HABITAT

٢ - تنوع المأوى

عندما تتساوى كل العوامل، فإن المناطق المتعددة أو المتنوعة المأوى تساعد على وجود أنواع أكثر عدداً عما في المناطق المتجانسة. فآلف ميل مربع من أراضي العشب تأوي أنواعاً أقل عما يوجد في ألف ميل مربع على نفس خط العرض ولكنه لا يحتوي على سهول فقط بل يحتوي أيضاً على أنهار وبحيرات وجبال وعلى أنواع مختلفة من التربة. فتعدد التضاريس يؤدي إلى تعدد في المأوى والمأوى الدقيق، يعني كل ذلك محارب بيئة أكثر يمكن ملؤها.

SIZE

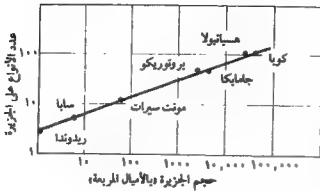
٣ - الحجم :

تتحمل المساحات الكبيرة أنواعاً متعددة أكثر مما يمكن للمساحات الصغيرة تحمله، والسبب الوحيد في ذلك هو احتمال وجود تضاريس متنوعة في المساحة الكبيرة. وحتى إذا ما تشابهت منطقتان تماماً في تضاريسهما في التربة والمناخ وغير ذلك، فإن المساحة الأكبر ستحتوي على أنواع أكثر من المساحة الصغيرة.

وأثبت عدد من الدراسات أن العلاقة بين المساحة (المنطقة) وتنوع الأنواع هي علاقة عددية تقريباً. والقاعدة العامة هي أنه إذا كانت مساحة أو منطقة ما تساوي عشرة مرات مساحة منطقة أخرى، فالمساحة الكبيرة هذه ستحتوي على ضعف عدد الأنواع الموجودة في المساحة الصغيرة (الشكل ٤٠-٢٣).

ولقد أمكن البرهنة عدة مرات على أن العلاقة هي علاقة اختيارية وشرح هذه الظاهرة وضحتها التحاليل الرائدة التي قام بها الرائد ماك آرثر (Mc.Arthur) وولسون (Wilson) واللذان قاما بصنع نموذج يمثل ظاهرة تنوع الأنواع على عدة جزر مختلفة الأحجام (وعلى مسافات مختلفة من شواطئ الأرض الرئيسية) (Mainland) ولقد برهنا في دراستهما أن عدد الأنواع الموجودة على جزيرة في أي وقت من الأوقات يعكس التوازن بين الأنواع التي اندثرت على تلك الجزيرة وبين هجرة أو لجوء أنواع بديلة لتحل محل الأنواع المنسشرة على تلك الجزيرة (سواء أكانت نفس الأنواع أو أنواع مختلفة) من خارجها (أي من الأرض الرئيسية مثلاً).

وأول شيء يمكن ملاحظته أنه كلما كان عدد الأنواع الموجودة على جزيرة ما كبيراً

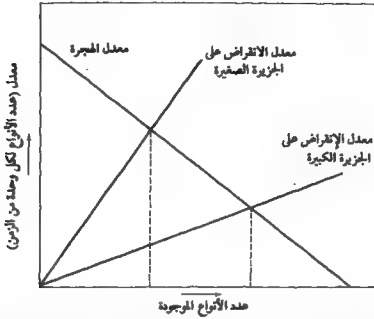


الشكل ٤٠-٢٣: عدد
أنواع الزواحف والبرمائيات
التي تعيش على الجزر
المختلفة في جزر الهند
الغربية منطقة كاداء الحنجم
الجزيرة. وعلى العموم،
زيادة حجم المساحة إلى
عشرة أضعافها يؤدي تضاعف
عدد الأنواع (تم إعادة
رسمها من ماك آرثر،
نظرية بيوجرافية الجزيرة، مطبعة جامعة برنستون. ١٩٦٧).

كلما كان معدل الأندثار أكبر (الشكل ٤٠-٢٤). والسبب الرئيسي في ذلك هو أنه كلما زاد عدد الأنواع، كلما زادت المنافسة بين تلك الأنواع. وبنفس اللغة كلما زاد عدد الأنواع على جزيرة كلما قل معدل نجاح استعمار أو سكنى هذه الجزيرة بالمهاجرين الجدد. وعلى ذلك فإن عدد الأنواع التي يمكن لجزيرة أن تتحملة للعيش عليها يعتمد على النقطة التي يصل فيها المعدلان، الهجرة إلى الجزيرة وأندثار الأنواع على نفس الجزيرة، إلى نفس القيمة (الشكل ٤٠-٢٤).

ويوجد عامل ثان يؤثر على معدل الأندثار وهو حجم الجزيرة، فكلما كان حجم الجزيرة صغيراً كلما كان معدل الأندثار في تعداد محدد كبيراً (الشكل ٤٠-٢٤) وبسبب هذه بطبيعة الحال هو صغر كمية المصادر الموجودة على الجزيرة. وكما تعلمنا في الباب السابق، فإنه كلما قلت القدرة التحملية (K) للنوع، كلما قل المعدل الأكبر للحجم الثابت لتعداد النوع (الشكل ٤٣-١٠). وكلما صغر حجم تعداد النوع، كلما زادت قابلية أفراده للتأثر أو الضرر بسبب الحوادث الغير مناسبة. فأي كارثة (مثل الأعاصير أو الجفاف) تدمر ولو جزءاً واحداً فقط من التعداد الكبير الموجود على الأرض الرئيسية بينما يمكنها إبادة (أو أقرب إلى الإبادة) كل أفراد أي تعداد صغير على جزيرة.

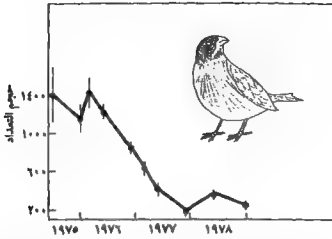
وحدث مثال على ذلك في عامي ١٩٧٦م، ١٩٧٧م بالنسبة لطائر الشرشور *Geos- piza fortis* إذ أصاب جزيرة Daphne Major (وهي جزيرة صغيرة مساحتها ٤٠ هكتاراً في منطقة الجالا بوس) جفاف شديد تسبب في هبوط شديد في إنتاج البذور التي يعتمد



شكل ٤٠-٢٤: عدد الأنواع التي يمكن لجزيرة أن تستقبلها على الدوام أمكن إثباتها التي عندها يصبح معدل الهجرة لأنواع جديدة (أو إحلال) ومعدل الانقراض متعادلا. ويكون معدل الانقراض على الجزيرة الصغيرة أعلى منه على الجزيرة الكبيرة. ويتأثر معدل الهجرة بعدد الأنواع الموجودة بالفعل وكذلك يبعد الجزيرة عن منبع مستعمرين جديد.

عليها طائر الشرشور المذكور في غذائه، نتيجة لذلك فإن تعداد الشرشور هبط من ١٤٠٠ إلى ٢٠٠ فقط على تلك الجزيرة (الشكل ٤٠-٢٥). [علما بأن عالما البيئة بيتر جران (Peter grant) بيتر بوج (Peter Boog) وجدوا دليلا على ظاهرة قوية من الانتخاب المباشر والتي حدثت في تلك الفترة ألا وهي الزيادة الواضحة في حجم المنقار وحجم الجسم في الطيور التي عاشت بعد حدوث الجفاف]. وانتهى الجفاف في عام ١٩٧٨م، وأصبح الغذاء وفيرا ولكن الزيادة في تعداد طائر الشرشور بعد ذلك كانت بطيئة وغير منتظمة (الشكل ٤٠-٢٥).

وهذا التعداد الصغير لا بد أيضا أن نضع في الاعتبار أخطار الانحراف الوراثي وقدرته على أحداث تغييرات تطورية غير ملائمة. وفي الوقت الحاضر يوجد كثير من الأنواع المهددة بالخطر في العالم أصبح عدد بعض تلك الأنواع قليلا جدا بحيث يبدأ الانحراف الوراثي في أن يكون مهما. وحتى إذا كانت تلك الأنواع في حماية حدائق الحيوان أو في المحميات الطبيعية، فإن أعدادها مازالت مهددة بالهبوط السريع والموت.



الشكل ٤٠ - ٢٥ : الانخفاض في تعداد طائر داروين المفرد الوسط أرضي *Geopiza fortis* على جزيرة دافن الكبرى، وهي جزيرة صغيرة (١٠٠ دونم) وعضو في جزر جالاباجوس. الانخفاض وجد انه بسبب القحط الشديد الذي قلل كمية البذور التي يتغذى عليها هذا الطائر (من ب. ت. بوج، ب. ر. جرانت، مجلة Science، ٣١٤: ١٩٨١، ٨٢).

لذلك إذا ما قل أي تعداد عن حجم معين، فان مؤشر الأندثار يبدو كبيراً.

وفي دراستها عن بيوجرافية الجزيرة، أوضح ماك آرثر، ولسن أن معدل الهجرة إلى إحدى الجزر يعتمد على بعد تلك الجزيرة عن الأرض الرئيسية. وواضح أيضاً أنه كلما كان الحاجز الطبيعي الذي يمكن تخطيه أعمق كلما زادت صعوبة الهجرة. والذي لا يمكن ملاحظته بسرعة الآن هو صعوبة الحد من هجرة النوع والتي ستحدد عدد الأنواع التي ستعيش على الجزيرة. وإذا أخذنا جزيرتين متساويتين في الحجم ومتشابهتين في تضاريسهما، فان الجزيرة القريبة من الأرض الرئيسة ستأوى أنواعاً أكثر مما ستحتوية الجزيرة البعيدة.

ولقد أكد ماك آرثر، ولسن تنبؤاتها بدراسة تعدد الأنواع على جزر حقيقية ولكنهما أوضحاً أن نفس الأسس تنطبق كذلك على أماكن مأوى أو معيشية أخرى (Habitats) وبتقدير بالمعرفة أن الجزيرة تمثل مأوى قائم بذاته، مجاميع البحيرات أو سلاسل الجبال والبساتين المبعثرة من أشجار الحمضيات، حتى الأشجار الفردية داخل البستان الواحد، كل مكون من بقع معيشية تفصلها حواجز تمنع هجرة الأنواع التي تعيش بداخلها.

وأسس بيوجرافية الجزر هامة جدا من الناحيتين العملية والنظرية. وبنمو التعداد الأنساني يزداد أيضا معه المعدل الذي يغير فيه الإنسان مأواه فالأحراش قد أخليت من أشجارها لأجل خلق أراضي زراعية ومراكز للبيع والشراء وللأسباب التي سبق دراستها في الباب السابق، فان تدمير أماكن المأوى هذه يمثل تحديد أكبر على بقاء النوع مما تسببه ظواهر الأفتراس والتطفل أو التنافس بين الأنواع. والان تبدل مجهودات كبيرة في جميع أنحاء العالم للحفاظ على أماكن المأوى هذه في صورة ملاجيء للحياة البرية. وإذا ما نجحت تلك المجهودات، فلا بد من اعطاء الأولوية لزيادة مساحة هذه الأماكن حتى يمكنها تدعيم تعدد الأنواع وهو الهدف المطلوب.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

تتأثر حياة كل كائن بالأنواع الأخرى التي تعيش معه في مجتمعه (Community) والتنافس على الغذاء والهروب من أن يكون النوع نفسه عرضة للأفتراس هما أهم الوسائل التي يتأثر بها تعامل الأنواع المختلفة مع بعضها البعض.

وكثير من الأنواع تقلل من إمكانية إفتراسها باستخدام: (١) التخفية (التلون)، (٢) الأسلحة الدفاعية غالبا تكون موجودة مع التلون، (٣) المحاكاة (بالأنواع الضارة)، (٤) السلوك الجماعي (في الأنواع التي تعيش معيشة اجتماعية)، (٥) الاستجابة للخطر الداهم بالهروب.

ويمكن للطفيليات احداث الضرر لعوائلها بعدة وسائل: (١) التهام أنسجتها، (٢) التهام بعضا من غذائها، أو (٣) افراز السموم (Toxins) وتنشيط بعض الأنواع علاقة المعيشة المشتركة مع أنواع أخرى تتقاسم فيها تلك الأنواع غذاء العائل بدون الأضرار به.

وعلاقات تبادل المنفعة من أهم الصلات الموجودة بين الأنواع، إذ أن كل نوع يستفيد من تلك العلاقة أو الصلة. وتتطلب ظاهرة تبادل المنفعة وجود اختلافات في التركيب والوظيفة وحتى في السلوك لمواكبة تلك الظاهرة.

وأخذ العوامل كلها مجتمعة، فان كل الاحتياجات البيئية للنوع هي التي تكون

محرابة البيئي . وتختلف الأنواع في اتساع رقعة هذا المحراب البيئي . وتحدد قدرة تعداد أي نوع (Population) على استغلال محرابه منافسته مع الأنواع الأخرى والتي يتداخل محرابها مع محرابه .

وأساس ظاهرة الأزاحة أو الإستبعاد التنافسي وجود نوعين يتشابه محرابيهما تماما ولا يستطيعان المعيشة سويا طوال الوقت في نفس المكان (أو المأوى Habitat) ينتهي المطاف اما باندثار أحد النوعين أو انشاء عملية تضيق فجوة التداخل عن طريق الانتخاب الموجه بين محرابيهما وتؤدي عملية تبديل الصفة إلى تقسيم المأوى إلى عدد أكبر من المحاريب الضيقة . وعلى أية حال ، لا تستمر عملية التبديل أو الأحلال هذه إلى الأبد . ويبدو أن كل مساحة جغرافية لها عدد أقصى من الأنواع التي يمكنها إيواءه ، يتأثر هذا العدد بالعوامل التالية : (١) المناخ ، (٢) تنوع أماكن المأوى الميسرة ، (٣) الحجم . وكقاعدة عامة ، إذا ما كانت إحدى المناطق تبلغ في الحجم عشرة أمثال حجم منطقة أخرى ، فيمكن لتلك المنطقة الكبيرة إيواء ضعف عدد أنواع المنطقة الأصغر تقريبا .

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسائل

- ١ - أذكر طفيل إنساني واحد من كل من الشعب السبع التابعة لحقيقيات النواة (Eukaryotes).
- ٢ - كيف يمكنك محاولة شرح أن البراميسيوم *Paramecium bursaria* يتناول غذاءه بالفعل من طحالب وحيدة الخلية موجودة بداخله؟
- ٣ - يتطلب تثبيت النيتروجين إلى أمونيا نحو ١٤٧ Kcal / mole) من الأزوت . ما هو أقل عدد من ذرات (ATP) التي تتوقع احتياجها لهذه العملية؟ [تدل المقاييس الحديثة على أن القيمة الحقيقية قريبة من ذلك].

REFERENCES

المراجع

- 1 - FEDER, H. M., "Escape Responses in Marine Invertebrates," Scientific American, offprint No. 1254, July, 1972.
- 2 - ENRICH, P. R., and P. H. RAVEN, " Butterflies and Plants," Scientific American, Offprint No. 1076, June, 1967. The unprofitability of certain but-

- terflies (which makes them good to be mimicked) arises from chemicals in the plants they have eaten during their larval stage.
- 3 - BROVER, L. P., "Ecological Chemistry," Scientific American, Offprint No. 1133, February, 1969. Demonstrates that the unpalatability of the monarch butterfly comes from toxic (to vertebrates like the blue jay) substances in the milkweed plants upon which monarch larvae feed.
 - 4 - SMITH, D. C., Symbiosis of Algae with Invertebrates, Oxford Biology Readers, No. 43, Oxford University Press, Oxford, 1973.
 - 5 - HARLEY, J. L. Mycorrhiza, Oxford Biology Readers, No. 12. Oxford University Press, Oxford, 1971.
 - 6 - BATRA, SUZANMNE W. T., and L. R. BATRA, "The Fungus Gardens of Insects," Scientific American, Offprint No. 1068, November, 1967.
 - 7 - LIMBAUGH, C., "Cleaning Symbiosis," Scientific American, Offprint No. 135, August, 1961. Gives several examples of mutualism in which animals of one species secure food by cleaning animals of another species.
 - 8 - BRIL, W. J., "Biological Nitrogen Fixation," Scientific American Offprint No. 922, March, 1977.
 - 9 - MAY, R. M., "The Evolution of Ecological Systems," Scientific American, Offprint No. 1404, September, 1978. Ecological systems don't undergo evolution in the Darwinian sense, but they certainly change as the result of the interactions of their component species. Includes a discussion of the principles of island biogeography.

CHAPTER 41

الباب الحادي والأربعون

بيئة الإنسان ١: الوباء

HUMAN ECOLOGY I: PESTILENCE

MORTALITY	١-٤١ . الوفاة :
FAMINE, WAR, AND PESTILENCE	المجاعة، الحرب، الوباء
PARASITISM: INVADING THE HOST	٢-٤١ . التطفل: غزو المائل
HOST RESISTANCE TO PARASITES	٣-٤١ . مقاومة المائل للطفيليات
	٤-٤١ . التدخل في نقل الطفيليات
INTERFERING WITH THE TRANSMISSION OF PARASITES	
	٥-٤١ . طفيليات الإنسان المعتمدة على الكثافة
DENSITY-DEPENDENCE OF HUMAN PARASITES	
CHEMOTHERAPY	٦-٤١ . العلاج الكيميائي
ANTIBIOTICS	٧-٤١ . المضادات الحيوية
PASSIVE IMMUNITY	٨-٤١ . المناعة السلبية
	٩-٤١ . إجراءات الصحة العامة: احتمالاتها المتوقعة
PUBLIC HEALTH MEASURES: THE OUTLOOK	
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب

EXERCISES AND PROBLEMS

REFERENCES

تمارين ومسائل

المراجع

الباب الحادي والأربعون

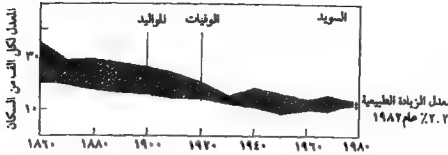
بيئة الانسان ١ : الوباء

١-٤١ : الوفاة: المجاعة، الحرب، الأوبئة:

MORTALITY: FAMINE WAR AND PESTILENCE

يعتمد نمو اي تعداد على معدلي الولادة والوفاة. والنوع الانساني الان في قبضة انفجار سكاني عالمي. وعموما، فان معدل الزيادة في المواليد لا يمكن اعتبارها المسئولة عن معدل النمو السكاني، إذ ان معدلات المواليد تبدوا وكأنها ثابتة كما هي في البلدان الأقل نموا بل ونزل التعداد السكاني هذا - الا في حالات قليلة - في البلدان النامية من العالم (الشكل ١-٤١). إذن، من المسئول حيثئذ عن هذا الانفجار السكاني؟ الاجابة هي الهبوط الكبير في معدلات الوفاة.

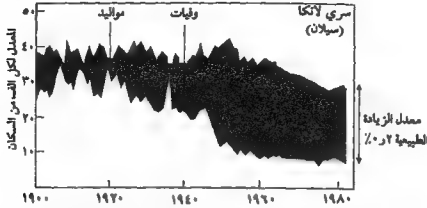
والآلة الانسانية قادرة على الاستمرار لمدة ٧٠-١٠٠ سنة قبل أن تبلى. وعلى أية حال، فان حياة الانسان البدائي قدرت بنمو ٢٠ سنة منذ الولادة. إذن ماذا كانت تلك القوى التي ادت إلى انخفاض العمر إلى هذا الحد؟ كانت تلك القوى ولا شك هي نفسها التي تحفظ معدلات الوفاة مرتفعة في اي تعداد للكائنات الحية. وهذه القوى هي: (١) القدرة المحددة للبيئة في تزويد الانواع باحتياجاتها (وبعني هذا تزويدها بالغذاء في الانواع متعددة الغذاء)، (٢) كفاءة المفترسات عند حصادها للانواع لسد احتياجاتها من الغذاء، (٣) عدم كفاءة متطفلات هذا النوع والذي يتراكم موت عائلتها وتحرم نفسها من الغذاء. ويرتجة كل هذا إلى لغة الانسان، فان اسباب الموت المبكر والعوامل الفعالة التي تتحكم في نمو التعداد هي المجاعة، الحرب (حيث يفترس الانسان أخاه الانسان)، الوبئة.



شكل ١-٤١: معدلات المواليد والوفيات في السويد منذ ١٨٦٠م. الفرق بين الاثنين عند أي وقت يعطي معدل الزيادة أو إذا ما حدثت وزادت الوفيات عن المواليد، تقل في التعداد. في عام ١٩٨٢، كان معدل المواليد واحد/ ألف أزيد من معدل الوفيات، ممثلاً معدل الزيادة الطبيعية أ لـ ١,٠ ٪ كل سنة. انخفاض معدلات المواليد والتي تتوازي مع انخفاض معدلات الوفيات هي من صفات الدول المتقدمة. الأرقام مأخوذة من مكتب مراجع التعداد.

وتميز فجر الزراعة وتربية الحيوان الذي اخل في وقت من اوقات التاريخ البشرى بزيادة الكفاءة في توفير الغذاء وبالتالي زيادة القدرة على تمكين البيئة من مساندة النوع البشرى. وظهرت المكاسب الناتجة عن ذلك على وجه الخصوص خلال الثلاثة قرون الأخيرة. فتحسين الآلات الزراعية وتوفير أراضي أوسع للزراعة وإنتاج محاصيل أكثر عن طريق التوسع في استخدام المخصبات والمبيدات الحشرية والرعى وضم المزارع الصغيرة في مزارع موحدة أكبر حجماً ووجود وسائل نقل الغذاء من مناطق وجوده بكثرة إلى مناطق أخرى يندر فيها وجود هذا الغذاء كل من هذه العوامل لعب دوره في توفير الغذاء. وحتى إلى عهد القرن الثامن عشر، كان يلزم ٨٠ فرداً يشتغلون بالزراعة لتغذية ١٠٠ فرد في الولايات المتحدة الأمريكية (نفس الثمانين فرداً بجانب عشرين فرداً آخرين من أقربائهم). واليوم يمكن خمسة أفراد فقط يعملون بالزراعة ان يزودوا أنفسهم بجانب ٩٥ فرد (لا يعملون في الزراعة) بالغذاء.

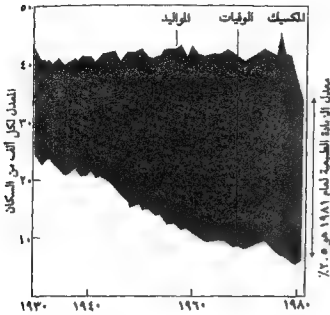
ومن الصعب عزل الدور الذي لعبته الحرب في الحد من زيادة التعداد السكاني. وبكل تأكيد، كانت الحرب من السيات الموجودة باستمرار في حياة الإنسان وكانت معدلات الموت المتسببة عن الحروب تفوق الخيال أحياناً. ولربما كان للحروب كذلك تأثيرها الغير مباشر في الضغط الشديد للتعداد السكاني بسبب الجوع والأوبئة المتسببة عن عدم اتباع الوسائل الصحية العادية. وحتى في الحرب الأهلية المدمرة في الولايات المتحدة الأمريكية (بين الشمال والجنوب) كان عدد الخنود الذين فقدوا حياتهم في تلك



شكل ٤١-٢: معدلات المواليد ومعدلات الوفيات في سيلان المسجلة الآن سريلانكا منذ ١٩٠٠. النزول الحاد في معدلات الوفيات بعد ١٩٤٥ يعكس انتشار ادخال برنامج مكافحة الملاريا. وفشل معدل المواليد في الهبوط بشكل واضح أدى الى فترة من فترات الزيادة الكبيرة في التعداد، مأخوذة من مكتب مراجع التعداد.

الحرب بسبب الامراض يفوق أعداد الجنود الذين قتلوا في أرض المعركة.

ولكن الآن يرجع الفضل (أو اللوم) إلى كفاءة كفاحنا ضد الطفيليات في هذا الانفجار السكاني الموجود حالياً. فتحسن الوسائل الصحية، برامج المناعة، استخدام المضادات الحيوية ووسائل العلاج الكيميائية الأخرى وإستعمال المبيدات التي تقتل الحيوانات الناقلة لطفيليات الإنسان، كل من هذه العوامل لعب دور في تقليل أعداد الوفيات المتسببة عن الأمراض الوبائية. وقبل الحرب العالمية الثانية، كانت جميع الميزات السابقة قاصرة تقريباً على الدول الغنية والصناعية فقط في العالم والتي استجابت لقلة معدل المواليد (الشكل ٤١-١). لكن منذ ١٩٤٠م صدرت هذه الميزات إلى المناطق الفقيرة من العالم وأعطت نتائج مبهره. فمعدل الوفاة السنوي في سيلان (سريلانكا الآن) في عام ١٩٤١م وقف عند ٢٢ شخصاً لكل ألف، في عام ١٩٤٦م بدأ تنفيذ برنامج ضخم لمكافحة البعوض - باستخدام مبيد الـ ددت. وبإبادة البعوض الناقل للملاريا من إنسان إلى إنسان - تقريباً - أمكن كسر دورة حياة المرض. وفي خلال ٩ سنوات نزل معدل الوفاة إلى ١٠ لكل ألف (الشكل ٤١-٢)، وفي عام ١٩٨٢م وقف معدل الوفاة هذا عند الرقم ٧. ولكن لم يصحب ذلك تعويض في نزول معدل الولادة (معدل ١٩٨٢م = ٢٩ لكل ألف) وعلى ذلك ففي عام ١٩٨٢م ازداد تعداد السكان بمعدل سنوي يعاد ٢,٢٪ (٢٢/١٠٠٠/في السنة)، والنمو المذكور هو نمو أسّي وعلى



الشكل ٤١-٣: معدلات
الولادة والموتات في المكسيك
منذ ١٩٣٠. ادخال وسائل
مختلفة خاصة بالصحة العامة
سبب الهبوط السريع في
معدلات الوفيات. وإلى
وقت قريب، لم يكن هناك
هبوط معادل في معدلات
المواليد. وهذا الموقف،
الذي ينشأ فيه معدل سريع
في النمو السكاني، من
مميزات الكثير من المناطق
القليلة النمو في العالم (من
مكتب التعداد).

ذلك فسيتضاعف التعداد في خلال ٣١ سنة. والهبوط الشديد في معدلات الوفيات
والذي يصحبه الثبات في معدلات الولادة هو من سمة أغلب مناطق العالم الأقل تقدماً
الآن (الشكل ٤١-٣).

ولنختبر الآن بشمولية أكبر دور الطفل في التحكم في التعداد وكيف يمكننا تغيير هذا
الدور بوسائل تقدمنا التكنولوجي.

PARASITISM: INVADING THE HOST

١-٤٢: الطفيل: غزو المائل

إن قائمة طفيليات الإنسان طويلة، إذ قد تحتوي أجسامنا على أنواع عديدة من
الديدان (الديدان الكبدية وغيرها) والحيوانات الأولية (كلامبيا المتطفلة، جراثيم
الملاريا، التريانوسوم الذي يسبب مرض النوم الأفريقي - الشكل ٣٤-٣) والبكتيريا
والفطر وفيرسات عديدة هي أيضاً من المتطفلات على إنسان.

وغالباً ما تكون جميع أجزاء جسم المائل عرضة لسكني الطفيليات. فالفيروسات
وبعض أنواع البكتيريا تغزو وتتكاثر داخل خلايا المائل. وأغلب أنواع البكتيريا
والحيوانات الأولية المتطفلة وكذلك الكثير من الديدان الكبدية تغزو أنسجة عائلها.

فكثيرا ما نجد الديدان الشريطية والديدان الاسطوانية والاوليات والبكتيريا داخل القناة الهضمية. واغلب الحشرات المتطفلة (مثل القمل) طفيليات خارجية اي تعيش على سطح الجسم من الخارج.

وتوجد مشكلة واحدة تواجه جميع الطفيليات، الا وهي كيفية غزوها لعائلها. ويمثل جسم الفقاريات عددا من الحواجز التي تعوق غزوه بواسطة الطفيليات. فالتطبقات الخارجية للجلد تتكون من خلايا ميتة كيراتينية تمنع في الغالب اختراق الطفيليات. وتعتبر قرنيات العين المكان الوحيد الذي تتعرض فيه الخلايا الحية للعوامل البيئية الخارجية، لكنها تبقى دائما مبللة بالدموع وهي إحدى المواد الرئيسية المحتوية على انزيم الليزوزايم (Lysozyme) وهو الانزيم الذي يهضم مادة البييتيدولجليكان (Peptidoglycan) الموجودة في جدر الخلايا البكتيرية (انظر قسم ٦-٩).

ومع ان خارج الجسم محمي جيدا، فان مستلزمات التمثيل الغذائي تعتمد على وجود منافذ للخارج لعدد من اجهزة التبادل بالجسم (مثل الرئات، الامعاء، قنوات الكلى)، ومثل تلك الاجهزة تكون مغطاه بخلايا حية وبذلك فهي تخاطر بغزو الاحياء الدقيقة لها. فالرئات يمكنها حماية نفسها من الغزو البكتيري بالوسائل التالية: (أ) الاهداب (Cilia) التي تطرد الدقائق التي يستنشقها العائل - بعد احاطتها بالمخاط - ثم اعادتها ثانية إلى الزور، (ب) الخلايا الاكولة (Phagocytes) مثل خلايا الدم الكبيرة (Macrophages) التي تاوى وتحيط بالاجسام التي استنشقتها العائل وهربت من امكانية ارجاعها ثانية للحلق، (ج) إفراز (IgA) وهو نوع من الاجسام المضادة الموجودة بكثرة في الافرازات، ويعمل (IgA) كحاجز وقائي ضد الأجسام الغريبة (الأنتيجينات) الموجودة في الجو والتي أمكنها من قبل تكوين إستجابة مناعية.

ودرجة حموضة (pH) عصير المعدة محيت للكثير من مسببات المرضية التي تبتلع مع الأكل أو الماء. وطبعاً، يعيش تعداد كبير جداً من البكتيريا في الامعاء، الا انها لا تغزو الانسجة للأسباب التالية: (أ) نشاط الخلايا الاكولة، (ب) وجود حاجز مناعي من (IgA) فاذا ما حدث كبت للاستجابة للمناعة - بسبب جرعة كبيرة من الاشعاع او بسبب استخدام الادوية المثبطة للمناعة - فأول ما يحدث هو تفرج جدر المعدة والامعاء نظرا لتخلص البكتيريا من عوامل التحكم فيها وابتدائها في غزو الانسجة الحية.

وانسابيب الكلية وكذلك المانة عرضة لغزو المسببات المرضية. وعموما فان البول معقم ويتسبب افرازه الدائم وخروجه للخارج في ازاحة الاحياء الدقيقة معه اثناء خروجه، بذلك يقلل من خطر اصابة المانة والكلية.

وطبعا فان تلك الحواجز غالبا ما يمكن نقضها اي ازاحتها عن الطريق والتغلب عليها. فالطفيليات التي نبتلها مع الطعام او الماء تستطيع في الغالب تثبيت نفسها في الممر المعدى الامعائي مسببة الامراض. والبكتيريا والفطر والفيروسات المنتشرة في الهواء يمكن استنشاقها وتتغلب على النظام الدفاعى المعتاد في الرئات. ولدغ الحشرات والعنكبوتيات (مثل القراد) يمكن ان تعمل كالابر الجلدية وعلى دخول الاوليات والبكتيريا والفيروسات في البيئة الداخلية.

وبمجرد دخول الطفيل إلى داخل جسم العائل، ينتج عنه ثلاثة احتمالات، فاما ان يقتل العائل بواسطة الطفيل، او ان يتحمل العائل هذا الطفيل لفترة غير محددة، او ان يدمر الطفيل كلية. وحدثت اي من تلك النواتج الثلاثة يعتمد في الحقيقة على اربعة عوامل: (١) عدد الطفيليات المهاجمة، (٢) طبيعتها، (٣) دفاع العائل، إذا ما كان هذا العائل هو الانسان أو الحيوانات المستأنسة، (٤) طبيعة العلاج الذي يعطى للعائل.

وابتلاع لحم خنزير غير جيد الطهي ويحتوي على بعض من حويصلات دودة التريكينيل (*Trichinella*) (الشكل ٩-٣٦) يسبب حالة مرضية خفيفة من Trichinosis والتي يصعب تشخيصها أحيانا، أما تناول لحم الخنزير المصاب بشدة غالبا ما يؤدي إلى الموت، إذ يمكن للجسم أن يتحمل دخول أعداد قليلة من الطفيليات بداخله ولكنه يهلك عند الإصابة الشديدة. وبطبيعة الحال، تختلف أعداد الطفيل التي يمكنها التغلب على العائل تبعا للضرر الذي يسببه هذا الطفيل.

وتختلف الطفيليات في مقدار إحداثها للأمراض، أي شدة الضرر الذي تسببه للعائل. إذ قد يمكننا إحتواء دودة شريطية لعدة سنوات ولكن مع حدوث ضرر طفيف. وعلى أية حال، فإن ٩٠٪ من الاصابات المتسببة عن سلالة معينة من مرض الركتسيا (Rickettsias) والتي تسبب مرض حمى جبال الروكي المبرقشة تنتهي بالموت إذا لم تعالج تلك الاصابات.

٣-٤١: مقاومة العائل للطفيليات :

HOST RESISTANCE TO PARASITES

والذي يحدث عند دخول طفيل داخل عائله يتوقف أيضا على المقاومة الميكانيكية التي يقوم بها العائل لايقاف هذا الغزو. وكمثال واحد، لنختبر خطوات الدفاع التي تتدخل في العملية عند دخول بكتيريا محمولة على شظية تحت الجلد.

فالضرر الميكانيكي الذي تحدثه الشظية يتسبب في مقتل بعض الخلايا والتي تتحلل فيها بعد وقد البكتيريا التي دخلت الجرح بالغذاء اللازم لها، ثم تبدأ تلك البكتيريا في التكاثر. وعموما فإن الخلايا التالفة تفرز أيضا موادا ترسل إشارة إلى الجسم ليبدأ في اتخاذ اللازم نحو الكائن الغازي (البكتيريا). ومن تلك الاجراءات التي يتخذها الجسم هو جعل المستامين يزيد من توارد الدم إلى الشعيرات الدموية الموجودة في المنطقة المصابة. وعلاوة على ذلك، تصبح جدر تلك الشعيرات اكثر نفاذية (Leakier) ويكون نتيجة لذلك تجمع الليمف في فراغات الانسجة. ولا يتم تصريف هذا الليمف عن طريق الشعيرات الليمفاوية حيث تنسد تلك الشعيرات بنسيج الفبرين (Fibrin). وينشط المستامين كذلك تحويل جلوبيولين السريم إلى المركبات عديدة الدهون المسماة كينينات (Kinins) والذي يسير بدوره في فراغات الأنسجة ويعمل على الاسراع في حدوث تلك التغيرات. وبعض المواد، ربما نوع من الكينينات (Kinin) يتم إنتاجها وهذه بدورها تجذب الخلايا الملتهممة (Phagocytes) الموجودة في مجرى الدم. وتهاجر هذه الخلايا الملتهممة (وهي غالبا من النوع المتعادل (Neutrophils) عن طريق جدر الشعيرات إلى فراغات الانسجة وتبدأ في ابتلاع البكتيريا والخلايا التالفة. وبعد إنتهاهما عددا من البكتيريا، تموت تلك الخلايا الملتهممة وتكون أجسامها إحدى مكونات المادة المعروفة بالصديد (Pus) وتعمل خلايا ملتهمه أخرى كحاجز حي بين الجزء التالف من النسيج والجزء السليم فيه وبذلك يمكن عزل مكان الاصابة.

كل تلك الاستجابات الموضعية تكون ما يسمى بالالتهاب الحاد، والاعراض الخارجية له هي الاحمرار (بسبب زيادة وصول الدم)، الليونة (بسبب الكينينات) وإذا ما انفتح الجرح يخرج الصديد، وإذا ما سار كل شيء على مايرام فإن الالتهاب الحاد يتوقف عن الانتشار، بعد تدمير كل البكتيريا يبدأ الجرح في الاندمال.

واحيانا لا يحتوي الالتهاب الموضعي على الطفيليات الغازية، إذ ربما تهرب تلك الطفيليات عن طريق الشعيرات الليمفاوية او الدموية. ويبدأ خط ثان للدفاع في عمله في هذا الوقت، فتجويف العقد الليمفاوية مبطنة بخلايا ملتهمة ثانية والتي تلتهم البكتيريا المارة وبذلك تمنعها من الوصول إلى مجرى الدم. وإذا ما كان الغزو شديدا، فان العقد الليمفاوية نفسها قد تصاب وتنتفخ. والاصابات الغير ظاهرة قد يتم اكتشافها فيه لأول مرة بظهور هذه الغدد المتورمة في اماكن معينة كالرقبة واباط الاذرع وخن الورك.

والبكتيريا التي تصل إلى مجرى الدم تحتضنها خلايا ثانية تبطن فراغات الطحال. والفراغات الدموية في الكبد مزودة كذلك بنفس الخلايا حتى تتخلص من البكتيريا السابحة والتي تخترق بطانة الامعاء وتصل إلى الكبد عن طريق الأوعية البابية وبذلك الوسيلة يمكن منع تلك الكائنات من دخول الدورة الدموية العامة.

بالنسبة للكثير من أنواع العدوى، فإن الشيء الوحيد الذي يرجح إحدى كفتي الميزان عن الأخرى في صالح العائل هو إنتاج الأجسام المضادة (Antibodies) وفي الايام التي سبقت اكتشاف الادوية التي يمكن بها مكافحة جراثيم الإلتهاب الرئوي، كانت نتيجة المرض تعتمد على ما يحدث أولا: الاختناق بسبب تجمع السوائل في الرئآت، أو ظهور الاجسام المضادة لبكتيريا الإلتهاب الرئوي. وكان الاطباء (وكذلك الآباء) ينتظرون بلهفة فترة الأزمة "Crisis" - في الغالب في اليوم الخامس أو السادس. فإذا ما تخلى المريض هذه الفترة، فان الاجسام المضادة تحول إتجاه المعركة. والآن تستطيع الخلايا الملتزمة ان تحيط بكتيريا الإلتهاب الرئوي المغلفة بالأجسام المضادة (انظر الشكل ٢٤-١٠) ويتم شفاء المريض بسرعة.

اما بخصوص الاصابات التي تحدثها كائنات سبق وإن نازها الجهاز المناعي من قبل، فالمقدرة على مجابهتها باستجابة ثانوية (Secondary response) (انظر الشكل ٢٤-١١) تمكن العائل من دحر هذا الغزو الثاني بسرعة لدرجة عدم رؤية اعراض ظاهرية للاصابة، إذ أن العائل أو الفرد أصبح الآن منيعا (Immune) ضد هذا الطفيل.

وتسكن بعض طفيلياتنا داخل خلايا الجسم ولذلك تكون محمية من التعرض

للأجسام المضادة. فكثير من الطفيليات الأولية، ومنها طفيليات الملاريا، تستخدم هذه الخدعة. وعموماً، فإن طفيليات الملاريا تخرج للخارج من الكرات الدموية الحمراء في نظام ثابت (معدنة حمى الملاريا المعروفة) وبذلك تصبح معرضة للأجسام المضادة. ومع ذلك فلربما يمكن لطفيليات الملاريا هذه أن تعيش لعدة سنوات داخل جسم العائل. والسبب في ذلك هو مقدرة الطفيل على تغيير طبيعة المحددات الأنتيجينية على سطحه من وقت إلى آخر، وبهذه الطريقة يمكنه الهروب من هجوم الأجسام المضادة لحين نشوء عامل إستجابة أولى جديد. وتستخدم التريبانوسومات نفس الخدعة. وتتفادى ديدان السدم المقلطحة (مثل البلهارسيا) الاستجابة المناعية للعائل بطريقة أخرى، فهي في الواقع تضم أنتيجينات العائل مع سطح جسمها، بهذا الغلاف فإن الجهاز المناعي للعائل يرى تلك الديدان كنفسها (As self) وليس غير نفسها (Nonself) وبذلك يفشل في القيام بأي هجوم عليها.

وكان معروفاً من قبل منذ فترة ان الأفراد المرضى بفيروس واحد يمتلكون مناعة مؤقتة ضد الفيروسات الأخرى. وسبب تلك المناعة هو لان الخلايا التي هوجمت بالفيروس الاول تنتج عاملاً ضد فيروس يسمى إنترفرون (Interferon) وهو جزيء بروتيني ينتج بسرعة بعد الإصابة، وفي جميع الحالات فإنه أسرع من الأجسام المضادة في إنتاجه. وبخلاف الأجسام المضادة، فإن الإنترفرون غير متخصص أي أنه فعال ضد جميع الفيروسات. وبمجرد تكوينه فهو بالتالي يشجع تكوين بروتين ثان يتدخل في تكوين (RNA) الخلايا أو في تكوين السيروتين أو في تكوين كليهما معاً، لهذا يتوقف تكاثر الفيروس. وإذا وجدت طريقة آمنة تسرع من إنتاج الجسم لمادة الإنترفرون هذه فسنزدى هذه الطريقة إلى إيجاد سلاح فتاك ضد الأمراض الفيروسية (وخاصة ضد الفيروسات التي لا تؤثر فيها الأدوية).

٤١-٤: التدخل في نقل الطفيليات:

INTERFERING WITH THE TRANSMISSION OF PARASITES

توجد مشكلة كبرى تواجه كل الطفيليات وهي كيفية إنتقالها من عائل إلى آخر. فالخروج من جسم العائل قد يكون عن طريق الرثات (إثناء الكحة والنف - الشكل ٤١-٤)، أو عن طريق فتحة الشرج (مع البراز)، وهي حالات قليلة (كما في

الاسبيروكيت - Spirochete - المسببة للزهري) تخرج الطفيليات مباشرة عن طريق الجلد والاعشية المخاطية. فالبكتيريا والفيروسات التي تصيب الممرات الهوائية والزناث امثلة للحالة الاولى، إذ تخرج من نفس الطريق الذي دخلت منه. وطفيليات الامعاء مثل البكتيريا والفيروسات والحيوانات الاولية تترك الجسم مع البراز أو، كما في حالة الديدان الشريطية والديدان الخطافية وغيرها، تضع بيضها الذي يخرج للخارج مع البراز. وعند عدم توفر الوسائل الصحية العامة لدى الافراد، فانه يوجد احتمال كبير في ابتلاع بعض من تلك الطفيليات بواسطة عوائل أخرى.

وتنتج بعض الديدان التي تعيش في جهازنا الهضمي أطوارا يرقية لا بد لها من النمو في عائل وسطي قبل ان تصبح قادرة على إصابة الانسان مرة ثانية فالعائل الوسطى لدودة الخنزير الشريطية (*Taenia solium*) هو الخنزير ويبدو واضحا هنا ان وظيفة العائل الوسطى الخنزير ما هي الا آلة لتحسين الفرص لدخول الطفيل ثانية إلى داخل جسم العائل الاولى وهو الانسان. وأكبر دودة شريطية تصيب الانسان قد تصل إلى ١٨ مترا (أي ٦٠ قدما في الطول) ودودة السمك الشريطية، تحتاج إلى ثلاثة عوائل كي تكمل دورات حياتها: حيوان قشري يعيش في المياه العذبة (السيكلوس - Cyclops - الشكل ٤١-٤) وسمكة، انسان. فاذا ما اعتبرنا ان براز الانسان غالبا ما يصل إلى الماء وان احدى سمكات المياه العذبة تاكل السيكلوس وان الانسان قد ياكل سمكة غير مطبوخة جيدا يمكننا ان نرى بسهولة كيف يمكن لدورة الحياة المعقدة هذه ان تهيء الظروف المناسبة لدخول الطفيل من انسان إلى آخر.

وتعتبر مشكلة الانتقال هذه اكثر صعوبة في الطفيليات التي تعيش في دما او في انسجة اخرى. فطفيل الملاريا، فيروس الحمى الصفراء، الديدان الاسطوانية التي تسبب داء الفيل (Elephantiasis) يمكنها ان تنتقل من انسان إلى اخر فقط بمساعدة عائل وسطي. وفي حالة البعوض فانها يمكنها سحب الطفيل من دم عائل وحقنه داخل دم اخر، ويستخدم لفظ (Vector) لكل حيوان (و غالبيتها من الحشرات) ينقل المسببات المرضية بهذه الطريقة.

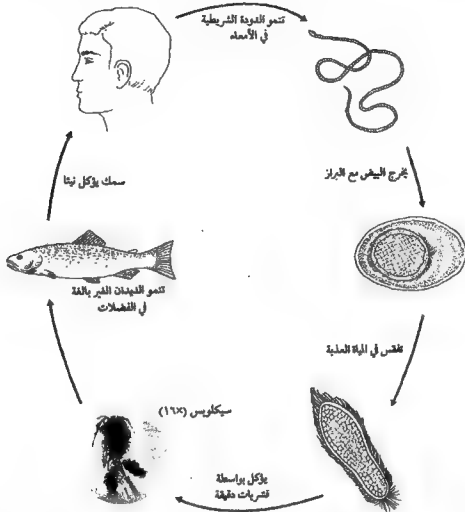
وحتى مع الطرق المحكمة لدورات الحياة والتي تجعل الدخول داخل العائل الاولى اسهل، فان فرص اي طفيل كي يفعل ذلك هي ضئيلة جدا. ولهذا فليس من المستغرب الخصوبة الهائلة للكثير من طفيلياتنا، إذ انها تنتج اعدادا هائلة من الصغار.



شكل ٤-٤١: عطسة شديدة. اضامة شديدة السرعة من فلاش تصوير توضح السحاب المكون من النقط الناتجة. وهذه عوامل رئيسية في نشر البكتيريا والفيروسات التي تدخل الجسم عن طريق القنوات التنفسية بتصريح من دكتور مارشال وجينسون، Scientific monthly، مجلد ٥٢: ٣٣-٢٤، يناير، ١٩٤١.

فدودة السمك الشريطية، التي ذكرت سابقا، تخرج نحو المليون بيضة المخصبة في براز عائلا يوميا، وقد تضع انثى الدودة الخطافية من ٢٥-٣٥ الف بيضة كل يوم طوال عمرها الذي يبلغ خمسة سنوات. ولطالما تفهمنا المشكلة التي يتعرض لها الطفل عند انتقاله من عائل إلى آخر، فيمكننا عندئذ تفهم لماذا يعتبر الكثير من الطفيليات (امثال الديدان الشريطية والديدان الخطافية) الات اي اجهزة ذات كفاءة في التكاثر الجنسي.

وكانت أوائل المحاولات الناجحة التي تتعلق بامراض الانسان تدور حول تعطيل الوسائل التي ينتقل بها الطفيل من عائل إلى آخر. فالتخلص من فضلات الانسان عن طريق المجاري وامداد المدن بالمياه الصالحة للشرب (بالتطهير بالكلور) قلل من حدوث الامراض المعوية مثل حمى التيفود والدوسنتاريا الاممية والكوليرا. كما أن الطبخ الجيد للحوم الخنزير والابقار والاسماك منع انتقال الطفيليات والتي كانت تدخل الاجسام عن طريق ابتلاع العوائل الوسطية.



شكل ٥٤١: دورة حياة *Diphyllobothrium latum* ، دودة السمك الشريطية العريضة. الدودة البالغة والتي تبلغ نحو ١٨ مترا في الطول (٦٠ قدما) تم ابعادها من أمعاء انسان. ظروف العدوى مرتفعة في الدول الموجودة على طول ساحل البلطيق وفي مناطق البحيرات العظمى.

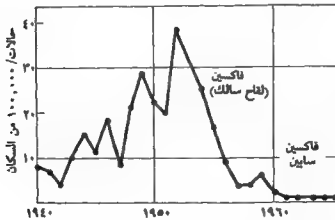
وكان قتل مسببات الامراض من وسائل الصحة العامة التي قللت من وقوع الامراض المعدية. وفي عام ١٩٣٤م، ١٩٤٤م كان لاستخدام مبيد ال (ددت) على مجال واسع وذلك بتعفير سكان ايطاليا المدنيين اثره الفعال في ايقاف حمى التيفوس الوبائية. والمسبب الناقل للكائن الدقيق المسبب لمرض التيفوس هذا هو حشرة قملة الجسم. ولقد سبق لنا بالفعل ذكر دور مبيد ال (ددت) في اباداة البعوض الذي ينقل جراثيم الملاريا في دولة مري لانكا، وتم تكرار نفس القصة في مناطق الملاريا الاخرى من العالم في السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية.

٤١-٥ : الاعتماد المكثف لطفيليات الانسان :

DENSITY-DEPENDENCE OF HUMAN PARASITES

تعلما في قسم ٧-٢٤، انه بحلول عام ١٩٨٠م، امكن للقاح (الفاكسين Vac-cine الذي اكتشفه العالم ينسر (Jenner) منذ ١٨٤ سنة، ان يقضى على مرض الجدري قضاء تاما من على وجه الارض (كما تنبأ ينسر نفسه بذلك). ومنذ ايام ينسر، تم ادخال العديد من اللقاحات (Vaccines) الناجحة في الاستخدام الطبي. فحادثات المناعة الان (Immunation) ضد الدفتيريا والسعال الديكي والتيتانوس والشلل هو من الوسائل المنتشرة الان في اغلب بقاع الارض وقلل بشدة خطورة تلك الامراض (الشكل ٤١-٦).

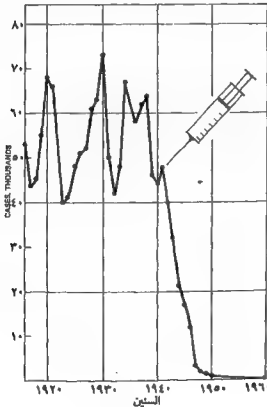
وحقنك بلقاح التيتانوس يساعدك انت فقط، لكن حقنك بلقاح الشلل (Polio) او الدفتيريا يساعدك ويساعد جيرانك ايضا، ذلك لان انتشار فيروس الشلل وبكتيريا (Bacillus) الدفتيريا من فرد إلى اخر يتطلب وجود كثافة عالية من الافراد الممكن اصابتهم بالعدوي. ومن الامثلة الاخرى من امراض الانسان التي يحتاج انتشارها إلى وجود كثافة سكانية هي الحصبة، الجدري، الروبيللا (الحصبة الالمانية)، التهاب الغدة النكافية، تشترك كل الامراض السابقة في عدة ظواهر.



شكل ٤١-٦: عدد حالات الشلل لكل ١٠٠,٠٠٠ من السكان في الولايات المتحدة من ١٩٤٠ إلى ١٩٦٥. لاحظ الهبوط الشديد الذي سببه ادخال فاكسين سالك (Salk). (معمتمة على ج. ر. بول، ١٩٧١، وأعيد رسمه من سير ماكفارلين بوذنت، ز. د. و. هويت، التاريخ الطبيعي للأمراض المعدية، الطبعة الرابعة مطبعة جامعة كامبردج ١٩٧٢).

فكلها تسبب امراضا حادة ولكنها تمكث فترة وجيزة، الفترة التي تصبح فيها الفريسة ناقلة للعدوى هي فترة قصيرة ايضا، ينتهي المرض اما بالموت او بالتخلص نهائيا من الطفيل وكذلك بوجود مناعة طوال حياة الفرد غالبا ولهذا السبب لا يمن للطفيل ان يستمر في البقاء. الا إذا وجد افرادا اخرين لديهم القابلية للعدوى خلال فترة وجيزة عندما يكون العائل ناقلا للعدوى. ولذلك فان نجاح الطفيل في احداثه للعدوى بسرعة وجود تعداد مرتفع وغير منيع ضد الاصابة. ولكن قد يكون ظهور وباء سابق لنفس المرض او وجود برنامج لهذا المرض سببا في وجود افراد كثيرين اكتسبوا مناعة ضد هذا المرض وبذلك يفشل انتقال الطفيل.

وكان ادخال التلقيح المناعي ضد الدفتيريا عام ١٩٤١م في انجلترا، ويلز سببا في الحد الكبير من اعداد الاصابات بهذا المرض (الشكل ٤١-٧). وبقي هذا الوضع ثابتا منذ هذا الوقت، لوانه لا يمكن حماية كل الاطفال بآية وسيلة. وعلى اية حال، فطالما اكتسب اكثر من ٥٠٪ من الاطفال المناعة، تصبح فرص حدوث الوباء قليلة جدا. كل هذا يدلنا على ان احداث المناعة ضد طفيليات تعتمد على وجود كثافة عالية من

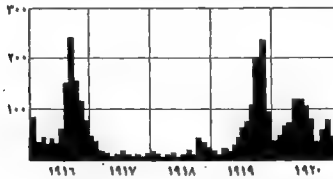


الشكل ٤١-٧: حالات الدفتيريا في انجلترا، ويلز منذ عام ١٩١٦ الى عام ١٩٦٠. لاحظ المنحدر الشديد في الحالات بعد ادخال المناعة عام ١٩٤١. ولو ان جميع تأثير الاطفال الذين لم يلقحوا لاكتساب المناعة، فان تلقيح أغلب الاطفال منيع من انتشار الوباء. من ف. ت. بيركنز، مجلة الجمعية الملكية للفنون، ٦٣: ٨٢، ١٩٦٥.

السكان تمثل مشكلة عامة وخاصة من ناحية الانجاز الصحي . وفي السنوات الاثنى عشر الاخيرة، نجحت برامج التلقيح المناعي المكثفة في الاقلال من حالات مرضي الحصبة والتهاب الغدة النكفية في الولايات المتحدة الامريكية حتى ٩٠٪ في كل منهما، ٨٠٪ في حالة الحصبة الالمانية .

وتعيش الامراض التي تعتمد على الكثافة السكانية افضل في المدن، مع ذلك فهي تعتمد ايضا على الورد الدوري لمحاصيل جديدة من الافراد القابلين للمرض، الذي يحدث عن طريق الهجرة إلى الداخل . وحتى في الازمنة الحديثة كانت الهجرة الداخلية في الواقع مقتصرة على نزوح الريفيين إلى المدن حتى يمكن للأخيرة الاحتفاظ باعداد سكانها في وجه الاوئمة المتكررة . والمصدر الآخر للافراد الجدد القابلين للمعدوي هم الأطفال المولودين . ويبين الشكل ٨-٤١ حالات الاصابة بالحصبة في جنوب استراليا من عام ١٩١٦م وحتى ١٩٢٠م . لاحظ الغياب النسبي للحصبة بعد وباء ١٩١٦م - والذي انتهى عام ١٩١٩م عندما اصبح الأطفال الجدد القابلين للاصابة يشكلون الكثافة العددية المطلوبة .

والاحتياج إلى كثافة عديدة عالية والوصول الدوري لمحصول جديد من الافراد القابلين للاصابة يجعل من تلك الطفيليات التي تعتمد على الكثافة العددية هي المناسبة تماما للمعسكرات الحربية . فالحصبة والالتهاب السحائي (Meningitis) البكتيري



الشكل ٨-٤١: الأبلأغ الشهري للحصبة في جنوب استراليا من ١٩١٦ حتى ١٩٢٠ بعد وباء رئيسي عام ١٩١٦، أصبح أغلب السكان قوى مناعة . لايد لوباء جديد أن ينتظر محصولا طازجا لأطفال قوى حساسية . أعيد رسمه بتصريح من سير ماكفارلين بورنت، د . و . هويت، التاريخ الطبي للأامراض المعدية، الطبعة الرابعة، مطبعة جامعة كمبردج، ١٩٧٢ .

والنيمونيا البكتيرية والانفلونزا تعتبر من بعض تلك الامراض الوبائية التي تكتسح الاماكن الحربية الكبيرة التي يؤمها اعداد كبيرة عابرة. ووباء الانفلونزا الاسبانية الذي انتشر في جميع انحاء العالم وقضى على نحو ٢٠ مليون فرد في سنتي ١٩١٨م - ١٩١٩م كانت بدايته في الاعداد الكبيرة من جنود الحرب العالمية الأولى، وانتقل إلى بقية انحاء العالم، متخذاً نفس طرق تحرك الجنود.

وتسبب الكثير من تلك الامراض المعتمدة على الكثافة العددية في حدوث الكثير من الوبئة المدمرة للانسان. ولقد سبق بالفعل ذكر الموت الكبير في القرن الخامس عشر والذي اكتسح فيه باسبلس الطاعون جميع انحاء اوربا. وحتى الامراض التي نعتبرها ذات اهمية بسيطة، وهي التي تحدث مجرد مضايقات بسيطة، يمكنها ان تتسبب في موت الكثير إذا ما تمكنت من تعداد مجرد كلية من الحماية. فعندما استقر الحجاج في نيوانجلاند عام ١٦٢٠م، وجدوا تعدادا من الهنود الامريكان يبلغ فقط ١٠٪ من تعدادهم السابق الذي كانوا عليه منذ سنوات قليلة، إذ قد تعرض هذا التعداد الهندي إلى عدة اوبئة مثل الطاعون وربما الحصبة ايضا، التي ادخلها معهم بعض المكتشفين الاوروبيين قبل ذلك بعدة سنوات. وفي القرن التاسع عشر، احدث ادخال الحصبة إلى بوليفيزيا وبياء رهيبا ادى إلى مقتل نحو ١/٥ السكان، ولربما ان هؤلاء الموتى لم يصابوا من قبل بفيروس الحصبة.

ويمكن للمرء ان يجادل في ان الطفيل الذي يقتل او يتسبب في حدوث مناعة مستديمة في عائلته هو طفيل فقير في ملاءمته. والامثلة التي اوردها كانت لامراض ربما لم تكن موجودة قبل سكني الانسان في المدن، لذلك توفرت للانسان عدة الاف قليلة فقط من السنين وهذه الاحياء من الطفيليات كي تتلاءم مع بعضها البعض.

ولكن من المؤكد ان الانسان كان يقع دائما تحت هجوم الطفيليات. نعم وربما بطفيليات تختلف تماما في سلوكها عن تلك التي كنا نناقشها من قبل. ولنختبر الان مجموعة ثانية من امراض الانسان، هي مجموعة تحتوي على امراض مثل السل والبرص والملاريا والدوسنتاريا الاميبية والبلهارسيا، هي عامة من الامراض المزمنة، إذ يبقى الطفيل لمدة طويلة جدا داخل عائلة، ويبقى العائل طيلة او غالبية هذه المدة ناقلا للعدوي، وتسبب تلك الامراض فقط مناعة ضعيفة. ولكل تلك الاسباب، فان الطفيليات التي تسبب تلك الامراض ليست من الطفيليات التي تعتمد بكثرة على

الكثافة العديدة والتي ناقشناها مبكراً. ويمكن لهذه الطفيليات ان تبقى لمدة غير محدودة في تعداد صغير ومعزول من السكان، لربما كانت تتطفل على الانسان منذ نشأته الاولى، لذلك كان هناك وقت كاف لنشوء وتطور علاقة مشتركة بين العائل والطفيل.

ولقد راينا كيف ان البروتوزوا التي تسبب الملاريا ومرض النوم الافريقي وديدان الدم المفلطحة التي تسبب البلهارسيا تتجنب الاستجابات المناعية التي يفرضها عليها العائل. فبينما تستمر الطفيليات الساكنة في الانحاء للاستجابات المناعية للعائل، نجد ان الاجسام المضادة التي انتجها العائل قد تكون فعالة ضد وصول حفنة جديدة من الطفيليات. ويبدو من ذلك كأن الغزاة الاول تعمل على التاكيد من ان رفاهيتها غير معرضة للخطر بالاصابة الجديدة (Superinfection) اي تراحم الطفيليات المتنافسة. وتوزيع الجين الخاص بالهيموجلوبين المنجلي (Hbs) لابد وان يمثل ايضا ناتج تاريخ طويل من التطور المشترك للطفيل (*P. falciparum*) والعائل. لذلك فالطفيليات المذكورة هي اصدقاء قدامي. وبينما نجد انها لا تسبب اوبئة خطيرة كما يفعل بعض من الطفيليات الحديثة، الا ان مكافحتها او ابادتها تعتبر من المسائل الصعبة.

CHEMOTHERAPY

١-٤٦: العلاج الكيميائي

كانت فترة الحرب العالمية الثانية من اولى العلامات التي نجحت فيها استخدامات العقاقير الكيميائية والتي، إذا ما ادخلت في جسم مصاب بمرض معدى، فانها تدمر الطفيل بدون تدمير الانسجة، كانت هذه هي عقاقير السلفا والاجسام المضادة. وما يدعوا للدعشة ان نتحقق من امكانية المكافحة المباشرة للطفيل بعدد صغير من الاسلحة، لكن بالتفكير دقيقة واحدة يمكن توضيح كيفية حدوث ذلك. فالكثير من النشاطات البيوكيميائية للاشياء الحية تقاسمها كل الكائنات، ابتداء من الميكروبات حتى الانسان. كما ان هناك طرق متعددة تتداخل في ذلك، على سبيل المثال، مثل اعاققة نقل الالكترونات في انزيمات السيتركروم باستخدام السيانيد. وعلى اية حال فجرعة واحدة من السيانيد يمكنها قتل الطفيل والمريض ايضا. وعلى هذا فلا بد من البحث عن بعض نشاطات التمثيل الحيوى الرئيسية للطفيل والتي لا يشترك معه فيها العائل واستخدام تلك النشاطات للوصول إلى اختيارات الطفيل.

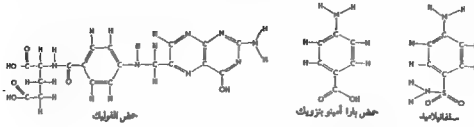
ولقد ادرك علماء المستولوجيا (علماء علم الاحياء الذين يقومون بدراسة على

الانسجة) منذ سنين ان بعض الاصباغ الحيوية متخصصة في سلوكها، إذ انها تصبغ انواعا خاصة من الخلايا دون غيرها. ويتابع هذا اللغز، حاول عالم البكتريولوجيا الالماني بول اهرليش (Paul Ehrlich) ايجاد مادة تتخصص فقط في انتخاب او اختار الاسيروكيت (Spirochete) الذي يسبب مرض الزهري (Syphilis) الخبيث، وبذلك يمكن قتل الاسيروكيت دون قتل العائل. وبعد بحث طويل وصبور، وجد بول اهرليش هذه المادة، وبذلك بحلول عام ١٩١٠م ولدت اول مادة وهي السالفريسان (Salvarsan) مصنعة كعامل علاج كيميائي (Chemotherapeutic).

وهناك عالم الماني اخر هو جيرهارد دوماجك (Gerhard Domagk) اتبع طريق اهرليس، في عام ١٩٣٢م اكتشف دوماجك ان صبغة حمراء تسمى برونتوسيل (Pron-tosil) كانت فعالة ضد الامتريتكوكس التي اصابته جسم ابنته. وفيما بعد اكتشف كيميائي فرنسي ان كل متبقيات مادة البرونتوسيل ماهي الاجزاء من جزئي، هذا الجزء وهو ليس بصبغة على الاطلاق كان مادة السلفانيلايد (Sulfanilamide) وهي اول افراد عائلة كبيرة من مستحضرات السلفا والتي امكن تحضيرها في الوقت المناسب لتلعب دورا رئيسيا في الاقلال من عدد خسائر الافراد في الحرب العالمية الثانية.

ويعتمد مفعول مستحضرات السلفا على المحاكاة الجزئية. فكل الكائنات تحتاج إلى حمض الفوليك احد فيتامينات المجموعة ب لكل تنمو. وكل انواع البكتيريا يمكنها تخليق حمض الفوليك من كتل بنائية بسيطة، احدها حمض الباراك - امينونزويك (PABA) ونظرة سريعة الى الشكل ٩-٤١ توضح التشابه بين (PABA) وجزئيات السلفانيلايد وإذا ما وجدت زيادة او فائض من السلفانيلايد في بيئة، تستخدمها البكتيريا بدلا من (PABA) ولكن، بعملها هذا تفشل في انتاج حمض الفوليك الضروري لها. وإذا ما احتجنا إلى حمض الفوليك - ايضا - فلماذا يعتبر مركب السلفانيلايد غير قاتل لنا ولكنه قاتل للبكتيريا. والاجابة هو ان جزئي حمض الفوليك ماهو الا فيتامين لنا، اي انه لا يمكننا تخليقه. وهنا يكون عندئذ اختلافا كيميائيا حيويا بين العائل والطفيل والذي يمكن تسخيره في قتل أحدهم دون قتل الآخر.

ولو ان اكتشاف وتسخير هذه الاختلافات كانت بطيئة، فانه يمكن الان ابادة بعض من الديدان والاوليات التي تصيبنا كيميائيا. ويرهنت مادتي الكلوروكوين (Chloroquine) و البريماكوين (Primaquine) على سبيل المثال، على اهميتهما



شكل ٩-٤١. المحاكاة الجزيئية هامة في فعالية أدوية السلفا. وباعطائها مع السلفاثيامين، تنخدع البكتيريا في استخدامها بدلا من (PABA) لتخليق حمض الفوليك الخاص بها. ونحن لانتأثر بطريقة مماثلة لأننا نؤمن حمض الفوليك لأجسامنا والذي يكون جاهزا في غذائنا، أي أنه بالنسبة لنا فهو فيتامين.

القصوى في علاج الاصابات بالمalaria. وخطوة تلو الخطوة، امكن انتاج اسلحة كيميائية فعالة ضد اوليات طفيلية اخرى.

ولقد تاخر انتاج عقاقير مضادة للفيروسات كثيرا خلف انتاج العقاقير المضادة للبكتيريا. وعلى اية حال، لقد تم اكتشاف بعض تلك العقاقير ذات الفعالية والسلامة في نفس الوقت والتي بدأ استخدامها في العلاج الكيميائي، فمادة اساييل كلوفر (Acyclovir) (vir) مادة فعالة ضد الاصابات بفيروس القوباء البسيط وهو مرض جلدي، كما ان مادة الميثيزازون (Methisazone) اثبتت فعالية ضد فيروس الجدري، لكن يبدو الان ان الحملة المنساعة التي تقوم بها الهيئة الصحية العالمية ستجعل من الميثيزازون دواء بدون مرض، اظهرت مادة هيدروكلوريد الامانتادين (Aman-tadine Hydrochloride) فعالية ضد فيروسات الانفونزا من النوع A.

ANTIBIOTICS

٧-٤١: المضادات الحيوية:

لا يوجد اختلاف اساسي بين المضادات الحيوية والعقاقير الكيميائية التي تمت مناقشتها من قبل. ففي كلتا الحالتين، يوجد تدخل لجزيئات معينة، واصبح تخضير المضادات الحيوية داخل المعامل ممكنا في الغالب كذلك. وعلى اية حال فان كل مضاد حيوي تم اكتشافه في اول الامر كان افراز الفطر او بكتيريا يمنع نمو البكتيريا الاخرى. واول، في كثير من الاحيان لايزال الاحسن، مضاد حيوي كان البنيسيلين. ونشأ اكتشافه من ملاحظة للعالم الكسندر فلمنج (Alexander Fleming) الذي لاحظ

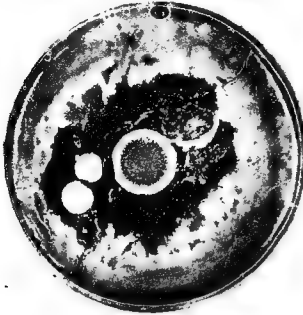
منع النمو البكتيري في طبق به بيئة لوثت بالصدفة بفطر من جنس بنيسليم (*Penicilium*) الشكل ٤١-١٠. وكانت أهمية هذا الكشف هو العمل على خلق تكنيك للإنتاج الغزير للبنيسلين لاستخدامه في الحرب العالمية الثانية. ومنذ ذلك الوقت تم اختيار مئات الآلاف من عينات الفطر والبكتيريا في المعامل في جميع أنحاء العالم للبحث عن النشاط المطلوب للمضادات الحيوية. وإذا ما تم العثور على هذه المادة، فإنها تختبر لمعرفة مدى سلامتها. والقليل من تلك المضادات الحيوية هي التي اجتازت هذه الصعوبات، ولكن مواد الكلوروفينيكول Chloromphenicol والتي تباع تحت اسم كلورومايسين Chloromycin، سترپتومايسين Streptomycin التتراسايكليينات Tet-racyclines ومنها الأوربومايسين Aureomycin، والتيرامايسين Terramycin، وبعض المضادات الحيوية الأخرى، كلها الآن انضمت إلى البنسلين كسلاح في الحرب ضد الإصابات بالبكتيريا.

واكتشاف كل من تلك المضادات الحيوية كان نتيجة عملية اختبار، أي ببساطة محاولة إيجاد مادة فعالة وآمنة بدون التفكير في طريقة عملها داخل الجسم. وعموماً، فالأبحاث التالية أثبتت أن الخاصة الاختيارية أو التخصصية لكل مضاد حيوي كما هو الحال في مادة العلاج الكيميائي - تعتمد على التدخل في طريقة التمثيل الحيوي للخلية البكتيرية والتي لا توجد في العائل. فالبنسلين على سبيل المثال، يظهر مفعولة المضاد للبكتيريا، بإيقافة تصنيع جدار البكتيريا الببتيدوجليكاني (Peptidoglycan) وهو مركب ضروري للمجموع الكروموسومي (انظر الشكل ٣٦-٣). ويوجد عدد آخر من المضادات الحيوية يعيق عمليات خطوات تخليق البروتين والتي من خواص البكتيريا ولكن لاتعيق تلك المضادات هذه العمليات في الكائنات الأخرى. ومع ذلك فعملية الاختيار أي التخصص غير مطلقة، إذ أن البلاستيدات الملونة (Chloroblasts) والميتوكوندريا والأكثر أهمية في حيوية الإنسان بها أجهزة تشبه تلك التي تقوم بخلق البروتين في البكتيريا وبذلك فهي عرضة لمنع المضادات الحيوية لانشطتها.

٤١-٨: المناعة السلبية:

PASSIVE IMMUNITY

تمثل المضادات الحيوية سلاحاً إضافياً ضد الطفيليات. ورأينا في الباب الرابع والعشرين كيف أن المضادات الحيوية متخصصة في مفعولها. فبعد الإصابة قد يتكون



شكل ١٠-٤١ : نمو
البكتيريا على الاجار في طبق
التربية هذا تم ايقافة قرب
الستعمرات الثلاثة المستديرة
للفطر المنتشر *Penicillium*
notatum البنسلين المضاد
الحسوي، الخارج من
الستعمرات، هو المشول
من هذا التأثير. بتصریح من
ميرك، شركة.

عنصر اولي للاستجابة للمناعة انظر قسم ٦٤-٢ بسرعة كافية يعكس سير المعركة. وفي بعض الحالات ، على اية حال، قد توجد اسباب وجيهة لعدم الانتظار حتى يمكن للعائل ان يعتمد على الاستجابة المناعية الاولى ضد المسبب المرضي. فاذا ماكانت العقاقير الكيميائية غير فعالة مثل الاعراض المتسببة عن فيروسات كالشلل (Polio) وعندئذ يمكن ادخال اجسام مضادة داخل المريض سبق انتاجها في حيوانات اخرى كالاعنام والخيول او انسان اخر. واستخدام مضاد السيرم (Antiserum) هذا من حيوان اخر يؤدي الى احداث مناعة مؤقتة وسريعة في جسم المريض، وتسمى مثل تلك المناعة سلبية "Passive" لانها لا تنتج بسبب الميكانيكية المناعية لجسم المريض بذاته.

ولا عطاء مثل على ذلك، اذا ما حقنت كميات تحت عمية من توكسين التيتانوس في حصان او في نعجة، ويكون الحيوان مضاد للسم (Antitoxin) وباجراء عملية نزيف للدم دوريا من الحيوان واخذ السيرم منه، فانه يمكن الحصول على مضاد التوكسين واستخدامه في علاج الانسان المريض والذي اصابته بكتيريا التيتانوس من شظية او من اي جرح. ولسوء الحظ ، فانه توجد بعض الحساسية للبروتينات الغريبة الموجودة في المزيج. ولذلك، فالأفضل كثيرا استخدام سم التيتانوس (Tetanus Toxoid) لانتاج المناعة النشطة لنفس الفرد، لو انه لا بد اجراء ذلك قبل حدوث الاصابة الفعلية.

وجزء من جاما - جلوبيولين دم الانسان البالغ قادر على احتواء اجسام مضادة لعدد

من الكائنات المرضية المعروفة . ولهذا السبب ، فإن هذا الجزء من جاما - جلوبيولين دم افراد متطوعين غالبا ما يستخدم كمضاد سريم . ويمكن الحصول على حماية مؤقتة للأطفال او للبالغين المعرضين للوباء الكبدى او الحصبة بحقن الجلوبيولين المانع (Im-munoglobulin IG) من كثير من المتطوعين .

٩-٤١ : اجراءات الصحة العامة : الاحتمالات المتوقعة :

PUBLIC HEALTH MEASURES: THE OUTLOOK

ان اجراءات الصحة العامة والعلاج الكيميائي والتي نوقشت في هذا الباب تكون قصة نجاح يمكننا ان نفخر بها ، لكن كان لها كذلك اثارا غير مرغوبة . وعلى سبيل المثال ، كان للاستخدام الواسع للمضادات الحيوية اثرا في تغيير ضغط الانتخاب الطبيعي لدرجة انه اصبح من الضروري الاختبار او الانتخاب لهؤلاء القادرين على تحمل اثار استخدام تلك العقاقير . فالبكتيريا من النوع (Staphylococci) والتي اكتسبت مناعة ضد البنسلين اصبحت تشكل الان مشكلة كبيرة في المستشفيات . وفي الحقيقة اكتسب الكثير من انواع البكتيريا المرضية الان مناعة لعدد من المضادات الحيوية ويعتبر هذا من التهديدات الخطيرة التي تواجهنا .

ولقد قلل ادخال الوسائل الصحية الفعالة باستمرار من حدوث مثل تلك الامراض كالتيفود ولكنها زادت من حالات حدوث الشلل ، وذلك لان فيروس الشلل والذي يخرج مع البراز ، يحدث عادة مرضا خفيف الوطأة وتبعاً لذلك يسبب المناعة - في الاطفال . ومع الوسائل الصحية المتقدمة ، ينجوا الاطفال من التعرض للفيروس ، فاذا ، صادفهم الفيروس لاول مرة سواء اكانوا اطفالا ام بالغين يكون المرض خطيرا . ولحسن الحظ ، فالتلقيح لاحداث المناعة ضد الشلل في جميع انحاء العالم الان زاد من الامل في التخلص من هذا الفيروس لدرجة الابداء .

واخيرا ، فانصارتنا الباهرة على الامراض الوبائية زادت من الامل في الحياة وهذا يزداد تعداد الناس ، ولاندرى ان كانت لدينا الامكانية البيئية التي تمكننا من توفير الغذاء لهذا التعداد المتزايد والذي اصبح يشكل معضلة كبرى للجنس البشري .

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

يزداد حجم أي تعداد عندما يزيد معدل الولادة عن معدل الوفاة . ولقد انخفضت معدلات الوفاة في تعداد الانسان في القرن الاخير، ويرجع الفضل الاكبر إلى زيادة انتاج الغذاء والمهبط الشديد في التكاليف التي تصرف على الأمراض الوبائية.

وبمجرد دخول الطفيل داخل جسم عائله فهو إما ١ : يقتل العائل، ٢ : يقتل بواسطة العائل، ٣ : يعيش مع عائله سويا لفترة غير محدودة من الزمن . وحدث أي من تلك الأحوال الثلاثة السابقة يعتمد على ١ : عدد الطفيليات الغازية، ٢ : قدرتها على نقل المرض، أي شدة الضرر الذي تحدثه، ٣ : عمليات الدفاع الطبيعي للعائل، ٤ : مقدرة أي علاج يتناوله المريض.

وتقاوم الفقاريات الطفيليات الغازية بعلّة وسائل، بما فيها إلتهاهما بخلاياها الالتهامية (Phagocytic cells) وتصنيع أجسام مضادة تساعد في تدمير الطفيليات.

ويوجد قسبان كبيران من الامراض المعدية في الانسان.

١ — تسبب بعض الطفيليات أمراضا قصيرة الأمد والتي غالبا ما يتبعها إما موت العائل أو إستئصال الطفيل ومناعة طويلة البقاء . وفي كلتا الحالتين يكون المريض ناقلا للعدوى لفترة ولكنها قصيرة، وتعتبر الحصبة والتهاب الغدة النكفية والجديري أمثلة على ذلك . وتلك الأمراض شديدة الاعتقاد على الكشافاة العديدة، فهي تستمر في التعدادات (Populations) التي تحتوي على أفراد بهم اعداد كبيرة قابلة للعدوى ويعيشون بالقرب من بعضهم البعض حتى يمكن للطفيل الانتقال بسهولة من شخص إلى اخر.

٢ — تبقى بعض الطفيليات طيلة الحياة داخل العائل ويفشل العائل في تكوين مناعة فعالة ويبقى العائل ناقلا للعدوى طوال الوقت، ومثل تلك العدوى هي التي لا تعتمد على الكثافة العددية، كما يمكنها البقاء لمدة غير محددة في الاعداد الصغيرة من الافراد. الملاريا، السل، البلهارسيا أمثلة عامة على ذلك.

ومنذ الحرب العالمية الثانية، حدث تزايد مستمر في عدد الادوية، فمثلا المضادات

الحيوية تم اكتشافها لقتل الطفيل دون الاضرار بالعائل. وفي كل حالة، يؤثر الدواء في إحدى العمليات الحيوية للطفيل والتي لا توجد في العائل.

تمارين ومسائل: EXERCISES AND PROBLEMS

١ - ماهي المشاكل التي يجب أن تتغلب عليها كل الطفيليات الداخلية. كيف أمكن حل تلك المشاكل الناجمة عن دودة الخنزير الشريطية، وجراثيم الملاريا - Plasmodium vivax ، البلهارسيا Schistosoma mansoni.

٢ - بالنسبة لدودة الخنزير الشريطية (Taenia solium) لماذا نقول بأننا العائل الأخير وبأن الخنزير هو العائل الوسيط وليس العكس.

٣ - ماذا كان معدل الزيادة الطبيعية (r) في سيلان (سري لانكا) في عام ١٩٢٠.

١٩٥٠. إشرح التغيير.

٤ - فرق بين توكسيد (Toxoid) ومضاد سم (Antitoxin) التيتانوس من حيث: أ - طريقة التصنيع، ب - ميكانيكية عمله داخل الجسم، ج - الاستخدام الطبي الأمثل.

٥ - قيم الحصبة والملاريا بالنسبة إلى

أ	طول مدة المرض،	ب	القدرة على مقاومة المرض في أعداد منعزلة
ج	طول مدة نقل العدوى،	د	نقل المرض بنقل المرض (vector)
هـ	طول مدة المناعة التي حصل عليها العائل،	و	طول مدة بقاء الطفيل داخل العائل.

المراجع: REFERENCES

1. BROCK, T. D., ed., Milestones in Microbiology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1961. Reprinted in 1975 by the American Society for Microbiology. A paperback that includes:
 - a) Edward Jenner's paper on producing immunity against smallpox by inoculation with cowpox virus.
 - b) Alexander Fleming's report on the antibacterial action of material from cultures of *Penicillium*.

- c) Gerhard Domagk's report on the antibacterial action of prontosil a dye that is converted in the body into sulfanilamide.
- d) Donald D. Wood's analysis of the molecular mimicry by which sulfanilamide exerts its antibacterial effect.
2. HILLEMANN, M. R., and A. A. TYTELL, "The induction of Interferon", Scientific American, Offprint No. 1226, July, 1971.
3. BURNET, SIR MACFARLANE, and D. O. WHITE, Natural History of Infectious Disease, 4th ed., Cambridge University Press, Cambridge, 1972. This little classic should be read by every serious student of biology.
4. LANGER, W. L., "Immunization against Smallpox before Jenner", Scientific American, January, 1976. Before Jenner, many doctors deliberately inoculated the smallpox virus into the skin in order to produce a mild but immunizing case of the disease. The procedure was called variolation.
5. HENDERSON, D. A., "The Eradication of Smallpox", Scientific American, October, 1976.
6. BURKE, D. C., "The Status of Interferon", Scientific American, Offprint No. 1356, April, 1977. Its mechanism of action and therapeutic promise.

CHAPTER 42

الباب الثاني والأربعون

بيئة الإنسان ٢: التنافس على الغذاء

HUMAN ECOLOGY II: COMPETING FOR FOOD

THE CARRYING CAPACITY OF THE ENVIRONMENT	قدرة البيئة على التحمل	١-٤٢
THE HAZARDS OF MONOCULTURE	مخاطر زراعة المحصول الواحد	٢-٤٢
EARLY PEST CONTROL TECHNIQUES	العمليات المبكرة في مجال مكافحة الآفات	٣-٤٢
D. D. T.	الـ د. د. ت	٤-٤٢
THE ORGANOPHOSPHATES	المبيدات العضوية الفوسفورية	٥-٤٢
AND CARBAMATES	والكارباماتية	
"THIRD - GENERATION" PESTICIDES	مبيدات الجيل الثالث	٦-٤٢
BIOLOGICAL CONTROLS	المكافحات الحيوية	٧-٤٢
BREEDING RESISTANT SPECIES	تربية أنواع مقاومة	٨-٤٢
OTHER APPROACHES TO PEST CONTROL	التجاهات أخرى لمكافحة الآفات	٩-٤٢
THE STERILE MALE TECHNIQUE	طريقة تعقيم الذكور	١٠-٤٢
WHAT DOES THE FUTURE HOLD?	ماذا يحمل لنا المستقبل	١١-٤٢
CHAPTER SUMMARY	ملخص الباب	
EXERCISES AND PROBLEMS	تمارين ومسائل	
REFERENCES	المراجع	

الباب الثاني والأربعون

بيئة الإنسان ٢: التنافس على الغذاء

١-٤٢ . قدرة البيئة على التحمل :

THE CARRYING CAPACITY OF THE ENVIRONMENT

إن قدرة بيئة أي نوع تتوقف في النهاية على كمية الطاقة التي يمكن لهذا النوع أن يجسبها (Trap) ، وفي الباب السابع والثلاثين، ناقشنا انطلاق الطاقة في العشاير (Population) المختلفة إبتداء من ذاتية التغذية إلى شاذية التغذية، وتعلمنا الفقد الكبير في الطاقة الموجودة أثناء إنتقالها أي إنسيابها من مكان إتصال او رابطة إلى آخر في سلسلة الغذاء . ويضع هذا الفقد حدوداً صارمة للمجموع الحيوي (Biomass) للتجمعات في كل مستوي غذائي . ومشكلة النوع الانساني النامي، على الأقل من ناحية حبه لنفسه، هو كيف يفني او يكسر طاقة أكثر في تجمعا الحيوي . ومثل هذا التقدم التكنولوجي الزراعي كثريية نباتات تعطى محصولاً أوفر، وجهود آلات زراعية أكبر وأكثر كفاءة، والاستخدام الاكثر للمخصبات الزراعية والري كلها لعبت أدواراً رئيسية في زيادة قدرة بيئتنا . ولسوء الحظ، فان هذا التقدم ينتج عنه استفادة لمدة قصيرة في الغالب على حساب الضرر الطويل المدى للبيئة (Ecosystem) بسبب التغذية الجيدة (Eutotrophication) واستنزاف المخزون من الوقود الحفري وتآكل التربة، الخ . وكل تلك الأوجه غير السعيدة لتشتيت الطاقة أو بعثرتها في المجاميع الانسانية قد تمت دراستها في أبواب سابقة، لذلك لن نذكر عنها هنا أكثر من ذلك .

وقائمتنا عن المتنافسين على الغذاء طويلة جداً، بدءاً من حيوان الراكون (Racoon)

الذي ينزع كوز الذرة في عائلة مجموعة الذرة (Corn Patch) إلى ديدان النيماتودا (من الديدان الاسطوانية) التي تتغذى على جذور نبات الذرة بالنسبة للضرر الشامل، على أية حال، فان منافسونا الأساسيون هم الحشرات (الشكل ٤٢-١)، والفطريات والحشائش.

٢-٤٢: مخاطر زراعة المحصول الواحد THE HAZARDS OF MONOCULTURE

وبما أن كفاءتنا في زراعة المحاصيل قد زادت، يجب أن تزيد أيضا مجهوداتنا للحد من أعداد المنافسين لهذه المحاصيل. والسبب في ذلك في الحقيقة بسيط للغاية. فالزراعة الجيدة للمحاصيل تتطلب الزراعة الفردية، أي وجود محصول واحد قائم، إذ أن هذه الزراعة الموحدة (أو الفردية) تزيد من كفاءة إتباع الطرق الزراعية الجيدة والاستخدام الأمثل للآلات الزراعية من أول خطوات الزراعة إبتداء من تجهيز الأرض حتى جنى المحصول. ولكن الزراعة الموحدة - أي زراعة المحصول الواحد - تزيد كثيرا أيضا من قدرة البتية على دعم المنافسين على هذا المحصول. فالمساحات الشاسعة من نباتات القطن تزود دودة لوز القطن بكميات هائلة من الغذاء مما يجعلها قادرة على



الشكل ٤٢-١: حقل أذرة قبل وبعد غزو التلطاطات والجراد. (بتصريح من وزارة الزراعة الأمريكية).

الدخول في فترة سريعة من تكاثرها العددي الهائل. ولأنه في الزراعة الموحدة تكون نباتات نفس النوع متجاورة في النمو، يكون إنتشار تعداد الآفة سهلا على جميع المساحة المزروعة للمحصول.

و العمليات الزراعية في منطقة التسمباجا (Tsembaga) في غينيا الجديدة التي ناقشناها في الباب السابع والثلاثين (انظر قسم ٣٨-٢)، تزودنا بمثال مناقض تماما لنظام الزراعة الموحدة. فكل حديقة من الحدائق المبعثرة في تلك المنطقة تحتوي على نحو ٢٤ من نباتات الغذاء المختلفة كالبطاطا، التارو، يامز، كاسافا، الموز، الهيسكسي، الفاصوليا، قصب السكر، وغيرها) ولا تزرع تلك الاصناف في الحديقة الواحدة في صفوف - كل صنف يمثل نباتا معينا - لكنها تزرع مبعثرة ومتداخلة مع بعضها البعض. وتوجد ميزتان لهذا النظام من الزراعة، الميزة الاولى هي ان الحدود والمجموع الخضري لكل نبات منها توجد في طبقات مختلفة من التربة وفي مستويات مختلفة من تعرضها للضوء، على التوالي الشكل ٤٢-٢) وبذلك يقل التنافس بين النباتات ويزداد انتاجها تبعا لذلك. والميزة الثانية، هي أن غياب المحصول الواحد في المساحة كلها يقلل من انتشار الافات وتكاثرها. ولذلك استغنت منطقة التسمباجا عن استخدام المبيدات لضمأن الحصول على محصول مرتفع، لكن كما رأينا، فإن هذا النظام من الزراعة يتطلب عمالة كثيرة مما يجعلها غير عملية وغير ممكنة في عصر الدول الصناعية الحديثة.



شكل ٤٢-٢: عضو في حشائش تسمباجا في أسرة الحديقة. لاحظ النمو الكثيف المميز لحديقة التسمباجا. إذ تنمو مجموعة مختلفة من النباتات مختلطة مع بعضها. فجذورها ومجموعها الخضري تشمل مستويات مختلفة من التربة والضوء على التوالي. وغياب نوع نباتي واحد منزرع على مساحة كبيرة يقلل الفرصة على الافات بأن تنمو مجاميع كبيرة فتساقط. (بتصريح من دكتور روي أ. رابابورت).

٣-٤٢: العمليات المبكرة في مجال مكافحة الآفات :

EARLY PEST CONTROL TECHNIQUES

في سالف الأيام، عندما كانت الأيدي العاملة في المزارع متوفرة، كان في الامكان في نفس الوقت إحتمال الضرر الذي يحدث للمحصول، كانت الحرب ضد الآفات الحشرية من السهولة بمكان ولا تزيد عن جمع الآفة باليد وإبعادها من على كل نبات. ولقد اقترح س. و. كول (S. W. Cole) في كتاب الفسكهة الامريكي عام ١٨٤٩ التخلص من سوسة أشجار البرقوق بنشر قطعة قماش تحت الشجرة وهز الحشرات التي تسقط فوق القماش باستخدام مطرقة مكسوة بلباد لعدم جرح الأفرع عند ضربها بالمطرقة. وإقتصر إستخدام الكيمياء على مواد غير ضارة مثل محاليل صابون زيت الحوت أو الماء المغمر به أوراق الدخان (علما بأن النيكوتين يستخدم اليوم كمبيد حشري).

وعلى اية حال، فبانتهاء القرن التاسع عشر بدأ الاستخدام الموسع لمبيدات الآفات. فاستخدمت المواد الغير عضوية مثل زرنيخات الرصاص مع المواد العضوية المستخرجة من النباتات مثل البيريثرم والروتينون ضد الآفات الحشرية. كما ان الفطريات المسببة لأمراض النبات كوفحت بمواد غير عضوية مثل كبريتات النحاس، كلوريد الزئبق، الكبريت. وكوفحت الحشائش ميكانيكيا مثل حشها أورشها أحيانا بإداة زرنيخات الصوديوم.

ومن مضار المبيدات الغير عضوية سميتها المرتفعة للكائنات عامة وليس فقط للكائنات الضارة المراد مكافحتها، كذلك طول مدة بقائها بدون تحلل. إذ أنه رغم الابتعاد عن استخدام زرنيخات الرصاص بدرجة كبيرة بواسطة مزارعي التفاح لمدة عشر سنوات أو أكثر، إلا أنه مما يدعو إلى الدهشة أنها لازالت توجد تركيزات عالية من الرصاص في تربة تلك الحدائق.

وما زالت المبيدات العضوية المستخرجة من النباتات مثل البيريثرم والروتينون مرتفعة الثمن، هي شديدة السمية للحشرات ولكنها غير ضارة نسبيا للكائنات الأخرى فيما عدا الأسماك. وتتكرر تلك المبيدات بسرعة فلا يتبقى منها بقايا على النباتات أو في

التربة. ولسوء الحظ فهي غالبية الثمن وتركيبها الجزيئي معقد لدرجة تمنع من تصنيعها تجاريا حتى الان لايجاد مبيدات مثيلة رخيصة الثمن بدلا من تلك المستخرجة طبيعيا من النباتات. [علما بأنه تم الآن - بعد طبع الكتاب الحالي تصنيع العديد من مبيدات البيرثرين تجاريا في المصانع بدلا من الطبيعية وتحت أسماء تجارية متعددة مثل كافل ١٠، ديزيس (Decis) البيرمثرين (Permethrin) وغيرها وأصبحت في متناول المزارعين بأثمان معقولة وتستخدم في الحقول ومصانع الاغذية والمنازل. هذا ولقد بلغ مفعول بعض تلك المواد المصنعة نحو ثلاثين ضعفا أو يزيد عن المواد الطبيعية]. وعلى اية حال، فإن من أهم ميزات مواد البيرثرين (طبيعية أو مصنعة) أنه يمكن إستخدامها بطريقة إقتصادية في أغراض معينة بمزجها بمنشط (Synergist) مثل بيبرونيل بوتوكسايد (Pipronyl butoxide). المادة الأخيرة ليست مبيدا حشرياً فعلا إذا ما استخدمت بمفردها، ولكن باضافتها للبيرثرينات، فهي تزيد بشكل ملحوظ من كفاءتها وبالتالي تقلل من الكمية المطلوب استخدامها من المادة البيرثرينية.

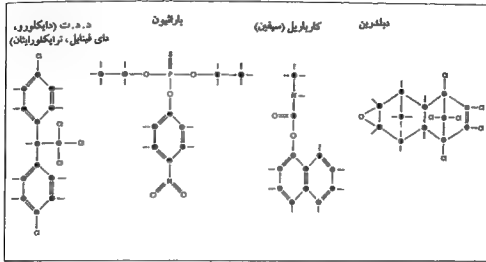
D. D. T

٤-٤٢ : ال.د.د. ت

بابتداء الحرب العالمية الثانية، بدأ البيرثرم، الذي كان معظمه يستورد من كينيا، في الندرة. واستدعت أهمية مكافحة الحشرات اثناء الحرب في الاسراع في البحث عن مركب بديل عن البيرثرم، كان هذا البديل هو ال.د.د.ت وهو مركب (الشكل ٤٢-٣) كان موضوعا على أرفع المعامل لعدة سنوات، علما بان فعاليته كمبيد حشري كانت معروفة ومعترف بها منذ أواخر عام ١٩٣٠.

ويمكن تصنيع ال.د.د.ت بكميات هائلة بأسعار زهيدة، ويمكن إعتبار إستخداماته السريعة بواسطة القوات المسلحة بأنها تعادل مكانة تطور البنسلين وأدوية السلفا كمساعد رئيسي لتلك القوات إذا أدركنا حقيقة أن الحرب العالمية الثانية كانت الحرب الاولى في التاريخ التي قتلت فيها الصدمات (Trauma) أفراداً - أكثر مما قتله الامراض الوبائية، لقد تم ذكر دور ال.د.د.ت الذي لعبه في إيقاف التيفوس في إيطاليا عامي ١٩٤٣، ١٩٤٤.

وبحلول السلام بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية، بدأ إستخدام ال.د.د.ت على نطاق واسع في جميع انحاء العالم ضد مفترسات المحاصيل وكذلك ضد أعداء الانسان



شكل ٤٢-٣: التركيب الجزيئي لعدد من المبيدات الحشرية الهامة. ددت والديلدرين يمثلان الهيدروكاربونات الكلورية. الباراثيون منتشر الاستخدام وسام جدا وهو مبيد فوسفوري عضوي الكارباميل هو مبيد كارباماتي. الحلقات المغلفة السوداء تمثل ذرات الكربون، والخطوط تمثل ذرات هيدروجين.

من الحشرات التي تنقل له الملاريا والحمى الصفراء (البعوض)، والطاعون (البراغيث). وكان الـ ددت فعالا على الخصوص ضد بعوض الملاريا بسبب مقاومته العالية للتحلل، أي لثباته، إذ يكفي منه رشة أو رشتين على الحائط كل سنة في منازل المواطنين لحفظها خالية من البعوض. وقبل استخدام الـ ددت، كان عدد حالات الملاريا في سيلان (سري لانكا حاليا) تزيد على المليون كل سنة، وبحلول عام ١٩٦٣ إستوصل المرض من الجزيرة. وعلى أية حال، فإن ازدياد الاهتمام بخطورة استخدام الـ ددت أدى إلى الامتناع عن استخداماته في أواسط عام ١٩٦٠، وبعد ذلك بقليل ارتفعت حالات الملاريا ثانية.

وبالرغم من النجاحات المبكرة والتي لاندعوا للجدل التي حققها الـ ددت، اتضح بسرعة أنه أصيبت له أضراره. ومنذ عام ١٩٦٤، ذكر البحاث السويديون ظهور أعداد من الذباب المنزلي ذو مناعة ضد الـ ددت، مثل تلك التقارير سرعان ما ظهرت في جميع أنحاء العالم. فظهر نحو ١٠٠ نوع من الحشرات ذات مناعة ضد الـ ددت ومنها البعوض وكثير من الآفات الحقلية. ولم يكن هذا الموقف المحزن بمستبعد، إذ أنه كلما كانت الاستخدامات كثيفة للـ ددت كلما زاد ضغط الانتخاب الطبيعي لهذه الطفرات

الوقتية من الذباب والبعوض والتي أصبحت منيعة، لم يستغرق هؤلاء الافراد ذوى المناعة طويلا لآخذ مكان أبناء عمومته.

والاستجابة لنمو المناعة ضد الددت كان الاسراع في إيجاد مبيدات حشرية بديلة. والد ددت هو أحد أفراد عائلة من المواد الهيدروكربونية الكلورينية (Chlorinated hydrocarbons) والتي لها خواصها المبيدة للحشرات أيضا والتي منها المبيد ميثوكسكلور (Methoxychlor) والمستخدم على نطاق واسع على سبيل المثال. وعلى أية حال، فالحشرات المنيعة للد ددت عندها القدرة لأن تكون منيعة كذلك لأقربائه من المبيدات.

وتوجد مبيدات أخرى هيدروكربونية كلورينية، مثل الالدرين، ديلدرين واندرين، لها تركيب جزيئية مختلفة تماما عن تركيب الددت وبعض من هذه المبيدات أثبت نجاحا ضد الحشرات المنيعة للد ددت ولكن المبيدات المذكورة أكثر سمية - للإنسان والحيوانات البرية - من الددت، في نفس الوقت الذي تشارك فيه الددت في طول مدة بقائها على المحاصيل وفي التربة.

وفي ٣١ ديسمبر من عام ١٩٧٢، منع استخدام الددت في الولايات المتحدة الأمريكية للأغراض الصحية العامة، واتخذ هذا الاجراء نتيجة التحذيرات المستمرة بأن الددت أثر في المجال الأحيائي (Biosphere) بطرق فاقت تقليد لأعداد بعض الآفات وإسراع في زيادة أعداد الآفات الحشرية التي تكتسب مناعة ضد الددت والتحسن الذي طرأ على طرق التحاليل العملية والتي سمحت في اكتشاف الددت في تركيزات منخفضة جدا، واثبتت ان الددت أوسع إنتشارا في البيوسفير عما كان يظن من قبل. فاختبار أنسجة أفراد عُرِضت مباشرة للد ددت عن طريق العمل في مصانع تصنيعه أو يعملهم في مزارع تستخدمه، أثبت وجود الددت في دم هؤلاء الافراد وفي أنسجة أخرى، خاصة الانسجة الدهنية. وعلى أية حال، كان تركيز الددت في النسيج الدهني أعلى بكثير عن تركيزه في الدم، في الغالب نحو ١٠٠٠ مرة ضعف ما هو في الدم. والد ددت يذوب بسهولة في المذيبات الدهنية وقليل الذوبان في الماء، لذلك فليس من المستغرب أن نجده يفضل تخزينه في النسيج الدهني.

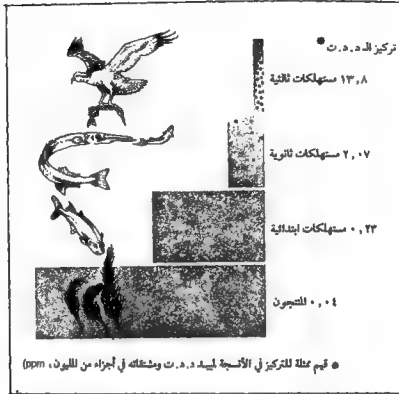
وطبيعي أن يظن الانسان أن الددت يوجد فقط في الافراد الذي يقومون بأعمال تعرضهم له، لكن على أية حال، اثبتت كل دراسة أجريت على التعداد العام للافراد

وجود بقايا الـ ددت أيضا في اجسامهم الدهنية جميعا. وبينما نجد ان متوسط تركيز الـ ددت في التعداد العام للولايات المتحدة الأمريكية الآن أربعة أجزاء في المليون، فان هذا المتوسط يخفي بعض الاختلافات التضاربية في توزيع هذا الحمل من الـ ددت. فالأفراد في جنوب الولايات المتحدة يوجد بأجسامهم ضعف التركيزات الموجودة في أجسام أفراد الشمال لوجود آفات منزلية أكثر في الأجواء الحارة ويحمل الأمريكيان السود بأجسامهم ضعف التركيزات الموجودة بأجسام الأمريكيان البيض من نفس الأعمار والجنس والمكان أيضا. فمن أين جاءت هذه النسب من الـ ددت الموجودة في أجسام هؤلاء الأفراد. من المحتمل أننا إبتلعنا الـ ددت في شكل متبقيات على الغذاء. ولكن كيف يمكن للإنسان أن يفسر سبب وجود الـ ددت في النسيج الدهني للاسكيمو والذي لا يحتوي غذاؤهم مطلقا على متبقيات الـ ددت. ربما توجد وسيلة أخرى لدخول الـ ددت إلى الجسم وذلك عن طريق إستنشاقه مع الغبار. وقد يأتي هذا الغبار المحمل بالـ ددت من الاستخدام المحلي للمبيد المذكور وذلك عند إستخدامه ضد الآفات المنزلية مثلا، أو ربما يكون هذا الغبار المحمل بالـ ددت منقولاً إلى مكان يبعد عدة أميال عن مكان إستخدامه.

وهل هذه الاحمال من الـ ددت ضارة بالانسان. لا يوجد دليل مباشر على ذلك حتى الآن، فالأفراد المعرضون صدفة أو تعمداً لفترات طويلة لكميات من الـ ددت أكبر بكثير مما تمثله هذه القيم يبدو وكأنهم لا يعانون من تأثيرات طويلة المدى. وفي الاطوار المبكرة للتعرض، فان مستويات الجسم من الـ ددت ترتفع بسرعة في أول الامر ثم تصل إلى مستوي ثابت يعتمد على كمية التعرض. ومن هذه النقطة، يبدأ بعدها الجسم في إفراز المادة بالسرعة التي يحتاجها.

واحمال الجسم المرتفعة من الـ ددت والتي تمثل تلك الموجودة في الأفراد المعرضين بحكم عملهم للـ ددت تدفع تلك الاجسام على تحسين مستوي تخليق الانزيمات بواسطة الكبد. وعلى اية حال، فقد أدى هذا التأثير إلى إستخدام العلاج الكيميائي للـ ددت كدواء حتى يساعد على تلافي الاضرار بوظيفة الكبد.

وبينما لم توضع الآثار الضارة من التعرض المتوسط للـ ددت في الانسان فان الـ ددت والمبيدات الهيدروكربونية الكلورونية الأخرى اظهرت أنها ضارة بالانواع الأخرى من الكائنات البرية مثل الضحايا الغير مقصود رشها بالـ ددت مثل الأسماك، ديدان



الشكل ٤٢-٤: تركيز ددت في أنسجة الكائنات تمثل أربعة مستويات متشعبة من التغذية في السلسلة الغذائية. تأثير التركيز يحدث لأن الـ ددت يمثل غذائيا ويفرز ببطء أكثر من مرور الأغذية من مستوى غذائي إلى المستوى التالي. لذلك فإن أغلب الـ ددت الذي يتلغ كجزء من إنتاج أكبر لا يزال موجود في الناتج النهائي الذي يبقى عند هذا المستوى الغذائي. انظر (الشكل ٣٧-٧).

الأرض، المرازات (Robins) وغيرها. ومخاطر الـ ددت للكائنات البرية تكون شديدة على تلك الأنواع التي تعيش عند نهاية السلاسل الغذائية. ولأن الـ ددت يتم تثيله غذائيا ويخرج أو يفرز للخارج ببطء، فهو يتجمع داخل أجسام (وخاصة في الدهن) الكائنات الأخرى كما هو الحال في الإنسان تماما. وعلى سبيل المثال، فإن رشح المستنقع لمكافحة البعوض يتسبب في تجمع آثار الـ ددت في خلايا الكائنات المائية الميكروميكوبية الدقيقة مثل البلانكتونات الموجودة في المستنقع. وعند تغذية حيوانات مثل بلح البحر على هذه الكائنات الدقيقة يدخل الـ ددت في أجسامها مع الغذاء لدرجة أنه عثر على تركيزات من الـ ددت في بلح البحر بلغت عشر أمثال التركيزات الموجودة في البلانكتونات، هذه التركيزات تنتقل لأعلى في السلسلة الغذائية من حيوان أكل إلى آخر (شكل ٤٢-٤) مثل طيور النورس (Sea gulls) التي تتغذى على بلح البحر.

ويمثل هذا زيادة ٤٠٠/ ضعف في التركيز على طول هذه السلسلة القصيرة من التغذية على بلح البحر. وبينما تستطيع طيور النورس هذه أن تبقى حية بالرغم من وجود هذا الحمل من الدت داخل أجسامها، فهناك دلائل كثيرة على أن مفترسات اللحوم الموجودة في نهاية سلاسل أطول من الغذاء مثل الاوسبريات (Ospreys) والبيجع (Pelicans) والصقور (Falcons) والنسور (Eagles) قاست الكثير من انخفاض أعدادها بسبب تلك الظاهرة. وتتدخل المستويات المرتفعة من المواد الهيدروكربونية الكلورينية في إنتاج قشر البيض ذو السمك العادي (الشكل ٤٢-٥) مما يتسبب في الكثير من موت البيض (الشكل ٤٢-٦). وربما يتدخل ال دت كذلك في عملية التكاثر أيضا.

وتوجد مجموعة أخرى من الضحايا الغير مقصودة لمبيد ال دت وغيره من المبيدات الأخرى وهي الحشرات التي تفترس الحشرات الضارة، أي أعداؤها الطبيعية. وقتل مثل تلك الحشرات المفترسة النافعة له آثار بيئية واقتصادية خطيرة. ولقد لاحظ مزارعوا

الشكل ٤٢-٥: العلاقة بين تركيزات ال دت في بيض نسور الاسكا والصقور والانخفاض في سمك قشر البيض. (DDE) هو من نواتج تمثيل (DDT) (الأرقام من ت. ج. كاد وزملائه، Science ١٧٢- ١٩٥٥، ١٩٧١).

النوع	الموقع	متوسط تركيز (DDE) ^(١) في البيض (جزء في المليون)	الانخفاض في سمك القشرة ^(٢)
Peregrin Falcon	تنلوا الاسكا (الشفح الشمالي)	٨٨٩	٧- ٢١,٧٪
Peregrine Falcon	وسط امريكا	٦٧٣	٨- ١٦,٨٪
Peregrine Falcon	جزر البوتيان	١٦٧	٧- ٥,٧٪
Rough Legged Hawk	تنلوا الاسكا الشمالي	٢٢,٥	٣- ٣,٣٪
gyrfalcon	شبة جزيرة سيوارد الاسكا	٣,٨٨	صفر

(١) يغل في الجسم من دت.

(٢) السمك بالمقارنة بالبيض المجموع قبل عام ١٩٤٧ م



شكل ٤٢ - ٦: بيض رقيق القشرة في عش طائر بجع بني في مستعمر بعيدا عن ساحل كاليفورنيا. تركيزات (DDE) مرتفعة اذ تقرب من ٢٥٠٠ جزء في المليون) وجدت في بيضة هذه المستعمرة. القشر كان رقيقا جدا للدرجة أن أغلب البيض كان يتكسر بجسم الأبوين عندما كانا يحاولان حضائته. لم يفسد صغير واحد في كل المستعمرة في السنة التي أخذت فيها هذه الصورة. (بتصريح من جوزيف ر. جيل، الصغير).

بساتين التفاح انه عند مكافحتهم ليرقات فراشة الكودلنج (Codling moth) وديدان التفاح الأخرى بمبيد الددت، فسرعان ما هوجت بساتينهم بالحشرات القشرية (Scale insects) والحلم (Mites) والسبب ببساطة هو أن الددت قتل بجانب الديدان الضارة المقصودة، الاعداء الحشرية الطبيعية للحشرات القشرية والحلم، وهذا مما يسبب زيادة أعداد الحشرات القشرية والحلم زيادة مخيفة مما دعى المزارعين إلى البحث عن مبيدات أخرى غير الددت لرش الاشجار.

٥-٤٢: المبيدات العضوية الفوسفورية والكرباماتية:

THE ORGANOPHOSPHATES AND CARBAMATES

زيادة حالات ظهور الحشرات المنية للددت، بدأ البحث عن مبيدات بديلة ومن

انجح تلك المبيدات البديلة كانت المبيدات العضوية الفوسفورية، المبيدات الاخيرة، مثل الباراثيون (الشكل ٤٢-٣) والملاثيون، قريبة لغازات الاعصاب التي إستحدثت أثناء الحرب العالمية الثانية. وتعمل تلك المبيدات العضوية الفوسفورية عكسيا مع الانزيم أستيل كولين إستريز (Acetylcholinesterase) وهو، كما يمكن القول، المسؤول عن تعطيل عمل الأستيل كولين (ACh) (Acetylcholine) عند تقابلات الاعصاب العضلية مع بعضها البعض (انظر قسم ٣٠-٣). وعند بعض النهايات العصبية في الاجهزة العصبية المركزية والذاتية (انظر قسم ٢٨-٥). وعلى هذا فان المبيدات الفوسفورية العضوية سامة جدا للإنسان، فالباراثيون، على سبيل ذكر مثال مشهور، فان سمية جرام واحد منه تعادل ٣٠ مرة سمية جرام واحد من الددث. إذن فليس من المستغرب عندئذ، أن أمراضا خطيرة وأعدادا جوهريه من الوفيات سببتها تلك المبيدات الفوسفورية العضوية. وقد يصاب العديد من الاطفال بسبب لعبهم بالعوات الفارغة للباراثيون أو بسبب تناولهم طعاما ملوثا بالمبيد. وفي عام ١٩٦٨ م، حدثت ٣٠٠ حالة تسمم من الباراثيون في تيجوانا بالمكسيك، منها ١٧ حالة وفاة بسبب تناولهم عن طريق الصدفة خبزا معجونا معه سكر ملوث وقبل ذلك بعشر سنوات، أدى إستخدام قمح ملوث بالباراثيون في الهند إلى حدوث ٣٦٠ حالة تسمم، منها ١٠٢ حالة وفاة.

وبخلاف المبيدات الهيدروكربونية الكلورونية، فان المبيدات العضوية الفوسفورية تنكسر بسرعة في البيئة ولهذا لم تشكل بقاياها على المحاصيل أي مشكلة. وبما ان المبيدات العضوية الفوسفورية لا تخزن في انسجة الحيوان، فان تجمعها في السلاسل الغذائية لم يعد مشكلة أيضا. ولكن نشوء المناعة بين العشائر المستهدفة من الآفات يعتبر مشكلة مع المبيدات العضوية الفوسفورية، كما هو الحال مع المبيدات الهيدروكربونية الكلورونية. وكما محاولة للبعد عن مشكلة المناعة هذه، دخلت في المعركة المبيدات الكرباتية.

والمبيدات الكرباتية، منها مييد الكارباميل (السفين. Sevin) هي أيضا مانعات لانزيم الأستيل كولين إستريز، ولكنها، على العكس من المبيدات الفوسفورية العضوية، فان هذا المنع يكون عكسيا. علاوة على ذلك فان المركبات الكرباتية تزول سميتها بسرعة ويفرزها الجسم للخارج. وعلى ذلك فان خطرها على الحيوانات ذوات

الدم الحار اقل بكثير من تلك المبيدات التي ناقشناها سابقا. وهي أيضا سريعة التحلل في البيئة، لذلك فإن مشكلة بقائها أو دوامها لا يشكل أي معضلة، ولكن تبقى دائما المشكلة المستمرة وهي الخطر على الحشرات النافعة، خاصة نحلة العسل، كما وأنا لا بد أن نتوقع ظهور آفات تكتسب المناعة ضد المبيدات الكرباتية.

والبحث عن مواد لمكافحة الحشرات كيميائيا لا زال مستمرا. وحديثا، ظهرت مواد يمكنها التدخل في تخليق الكيتين أعطت شيئا من الأمل كمبيدات حشرية. من تلك المواد مادة الدايفلوبيزورون (Diflubenzuron) [ديمبلن "Dimilin"] التي تحدث بعض الضرر في بيض الحشرات في وقت فقسها. يبدو أن موانع تكوين الكيتين قليلة السمية للفقاريات ولكنها، كما يمكن أن نتوقع، شديدة الضرر للقشريات وكذلك للحشرات. وتأثيرها على الفطريات، هي أيضا من صناعات تخليق الكيتين، يحتاج إلى الدراسة. ويقال دائما أن تطور نشوء الأنواع النافعة للمبيدات الحشرية يحتاج إلى إدخال مبيدات حشرية قوية المفعول جدا، لكن هذا يحتاج إلى العنصر الضروري في العملية، ألا وهو نمو مادة جديدة تهاجم شقا آخر في درع الحشرة، وإذا ما كانت المادة الجديدة - جرام / جرام - أكثر أو أقل سمية للحشرة ولنا فهذا موضوع آخر.

٦-٤٢ : مبيدات الجيل الثالث : THIRD-GENERATION PESTICIDES

في الباب السابع والعشرين (انظر قسم ٢٧-٢)، تم اختبار المورمونات التي تنظم النمو والتطور في الحشرات، ولاحظنا احتمالات مشابهات هورمون الشباب أو هورمون الجوفيناييل (JH) (Juvenile hormone) كمبيد حشري. وترجع فوائد تلك المشتقات إلى توقعاتنا من أن الحشرات لن تكون مناعة ضدها إذ أن تلك المشتقات بالنسبة للحشرات ماهي إلا إحدى مكونات أجسامها. وهذا الاتجاه الجديد في مكافحة الحشرات جعل العالم كارول ويليامز (Carroll Williams) أحد رواد دراسة الغدد الصماء في الحشرات، يعطي هذه المواد اسم مبيدات الجيل الثالث "Third-generation Pesticides" لأنها اكتشفت بعد الكيمائيات الغير عضوية مثل زرنيجات الرصاص - الجيل الاول First generation والكيمائيات العضوية مثل ال ددت والباراثيون - الجيل الثاني "Second generation". وأحد مشابهات (Mimic) هورمون الشباب (JH) يباع الآن تجاريا وتم تسجيله بواسطة هيئة حماية البيئة في الولايات المتحدة

الامريكية لاستخدامه ضد البعوض والذباب. وبطبيعة الحال سيتلو هذا المشابه ظهور مشابهات أخرى.

وفي عام ١٩٧٦م، سجل وليامز س. باورز (Williams S. Bowers) ومساعدوه اكتشاف مواد لها تأثير مضاد لتأثير هورمون الشباب وسهاها (anti-JH) ولأن أحد تأثيرات هذه المواد هو ترغيب بعض الحشرات في القيام بعملية التطور، قبل الاوان (Preco-cious metamorphosis) فقد سميت تلك المواد باسم بريكوسينات (Precocenes) وهذا وقد تمت مناقشة احتمالات البريكوسينات في تقليل الضرر الناشئ عن الحشرات في قسم ٢٧-٢٨ وبسبب هذه الاحتمالات فانها ستدخل في الجيل الرابع (Fourth generation) من مبيدات الافات.

BIOLOGICAL CONTROLS

٧-٤٢: المكافحات الحيوية

منذ القرن التاسع عشر، أدرك بعض الطبيعيين أهمية الدور الذي لعبته المفترسات والطفيليات من الحشرات في الحد من أضرار الافات الحشرية. فهل بإمكاننا ان ندون قائمة بالمساعدات التي قامت بها تلك الاعداء الطبيعية في معركتنا من أجل زيادة الإنتاج الغذائي.

وفي حالة تلو الحالة، فان الافات التي تنتج عنها اشد الاضرار للزراعة في منطقة من المناطق هي تلك الافات الاجنبية، اي التي استوردت - بطريق الصدفة في الغالب - من اماكن أخرى. وغالبا لا تسبب نفس الافات اية مشكلة في موطنها الاصلي. ولقد وضع الحشري الامريكي المعروف اسافيتش (Asa Fitch) اسباب ذلك، فكتب في عام ١٨٥٦م، ما يلي: لماذا تكون آفة شديدة الوطأة في دولتنا (قاصدا بذلك هاموش القمح، وهي حشرة أوروبية دخيلة. بينها ضررها ضعيف في وطنها الاصلي. لابد من وجود سبب لهذا الاختلاف الكبير. ماذا يكون هذا السبب. يمكنني ارجاع ذلك إلى شيء واحد فقط. نحن هنا مجردون من الوسائل التي تمدنا بها الطبيعة لكبح جماح هذه الحشرة. فالحشرات الاخرى والتي خلقت لكبح جماح هذا النوع وجعلها قابعة في حدودها الطبيعية لم تصل إلى شواطئنا بعد. لقد استلمنا السرطان بدون العلاج.

وفي عام ١٨٨٧م، انتشرت الحشرة القشرية القطنية - القادمة من استراليا - في

بساتين الموالح في ولاية كاليفورنيا. ويتابع اشارة العالم فيتش (Fitch) ذهب احد الحشريين إلى استراليا للبحث عن عدو طبيعي لهذه الافة، وعاد معه احد انواع حشرات ابى العيد (Lady Beetle) وباطلاق الحشرة المذكورة في بساتين الموالح امكن لها الحد من خطر الحشرة القشرية على الاقل حتى عام ١٩٤٦م، إذ في هذه السنة ظهرت موجة شديدة جديدة للحشرة القشرية. وتصادف ظهور هذه الموجة الجديدة للحشرة القشرية مع بداية إستعمال الـ دددت في البساتين والإختفاء السريع لحشرات أبى العيد. ولم يمكن الحد من انتشار الحشرة القشرية القطنية الا بعد تغيير نظم الرش وادخال حشرة ابى العيد ثانية.

ولم تتكرر هذه القصة من نجاح المكافحة الحيوية كثيرا كما كان المتوقع. وتوجد مشكلة واحدة وهي خاصة بتلك المفترسات والمتطفلات والتي تخصص على اقتراس أو تطفل عائل واحد أو على عدد قليل من العوائل، إذ ان اعدادها تعتمد على اعداد عوائلها. فاذا ما افترست كل افراد عائلها فهي إذن ستهي نفسها. ومن ناحية أخرى، إذا ما امكن لتلك المفترسات و المتطفلات ان تقلل من اعداد الافات ولكن بدرجة معقولة، فربما تكون الاعداد الباقية من تلك الافات كافية لاحداث اضرار لايمكن ان يقبلها المزارعون. وعلاوة على ذلك فان المفترسات المستوردة ربما يمكنها اداء وظيفتها لمدة معينة ولكنها لا تستطيع البقاء حية لمدة غير محدودة (مثل مرور شتاء قارص عليها). ولهذا، فكثير من اجراءات المكافحة الحيوية الناجحة تستدعي تكرارها من وقت لآخر، أي اطلاق المفترسات بصورة دورية (Periodic) وهذا بدوره يعني تربية المفترسات في المعامل حتى يتيسر الحصول عليها عند الضرورة. وبالرغم من تلك المعوقات، فان المكافحة الحيوية قد انتشرت. فزراع التفاح في ولايات ميريلاند، فرجينيا وغرب فرجينيا تأكدوا من ان اطلاق خنافس ابى العيد تكافح الحلم (Mites) في بساتينهم، ويمكنها كذلك مساعدتهم في الاستغناء عن عدد من رشات المبيد الحشري. وفي استراليا يكافح الحلم الذي يهاجم أوراق اشجار التفاح بحلم اخر مفترس، ولحسن الحظ، فان هذا الحلم المفترس قد اكتسب مناعة ضد المبيدات الفوسفورية والمستخدمة في بساتين استراليا لمكافحة آفات أخرى.

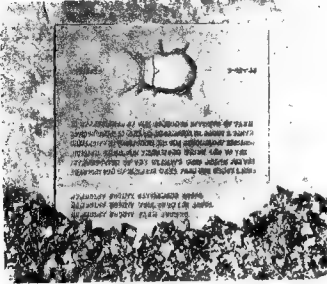
واثبتت وسائل المكافحة الحيوية نجاحا ايضا في مكافحة بعض الحشائش الضارة. فادخال فراشة تغذى يرقاتها على نبات الصبار في استراليا مكن الاستراليين من السيطرة

على الانتشار الرهيب لهذا النوع من الصبار والذي اتلف الملايين من الهكتارات من اراضي الرعى . وفي عام ١٩٤٤م، تم ادخال نوعين من الخنافس في كاليفورنيا لمكافحة حشيشة الكلاماث (Klamath) والتي دمرت خمسة ملايين فدان من ارض المراعي في كاليفورنيا وشمال غرب الباسيفيك (الشكل ٧-٤٢). وقبل ادخال أو اطلاق تلك الخنافس، أجريت اختبارات مضيئة للتأكد من ان تلك الخنافس لن تتحول إلى التغذية على النباتات القيمة بمجرد انتهائها من القضاء على كل حشيشة الكلاماث. ولقد نجحت تلك الخنافس في كاليفورنيا، إذ أمكنها إعادة نحو ٩٩٪ من اراضي المراعي المهددة إلى اراضي نافعة (الشكل ٤٢ - ٨).

والطفيليات، كما في المفترسات، استخدمت أيضا في مكافحة الحيوية للافات الضارة. فالبكتيريا *Bacillus popilliae* يتم زراعتها على نطاق تجارى للمساعدة في مكافحة الخنافس اليابانية بحقنها بالمرض اللبني "Milky disease" وتباع كذلك



شكل ٧-٤٢: أرض رعى في بلوكسبرج، كاليفورنيا عام ١٩٤٨. النبات المزهري في مقدمة الصورة هو حشيشة الكلاماث. وقتلت الحشيشة في المكان البعيد في الصورة بعد ادخال مفترسها الطبيعي، خنفساء Chrysoline. وبحلول عام ١٩٥٠، أيدت الحشيشة كلية وحل محلها حشيشة Lush clover. (الصورة أخذها المرحوم ج. ك. هولوبي، بتصريح من الاستاذ كارل. ب. هوفاكس).



الشكل ٨-٤٢: لوحة لأحياء
ذكرى نجاح المكافحة
الحسوية لحشيشة الكلمات
من طريق اطلاق عدوها
الطبيعي، خنفساء
الكريز ولبنا. (اللوحة موجودة
في مبنى المركز الزراعي،
يوريكا، كاليفورنيا.
بتصريح من جون ف.
لينز).

البكتيريا *Bacillus thuringiensis* بواسطة شركات في الولايات المتحدة للمساعدة في مكافحة يرقات بعض الفراشات وأبى دقيق الضارة.

وفي بعض الحالات، تصيب البكتيريا الافة وتقتلها بعد ذلك بطبيعة الحال ولكن في أحوال أخرى، فإن السم (Toxin) الذي تفرزه البكتيريا أثناء نموها في البيئة هو الذي يقوم بعملية قتل الافة. وفي مثل تلك الحالة الأخيرة فإن الإنسان يتعامل حقيقة مع صورة أخرى من المكافحة الكيميائية والتي تتعامل مع افات خاصة معينة ولكنها لا تضر مطلقا بالحيوانات الاخرى. ونحو ٦٠٪ من زراعات الخس (Lettuce) في كاليفورنيا تتعامل الآن بالبكتيريا *B. thuringiensis* وتدل الدراسات الحقلية على ان تلك البكتيريا الأخيرة قد غمدنا بوسيلة فعالة ايضا لمكافحة فراشة العنجر (Gypsy moth).

واثبتت الفيروسات كذلك انها وسائل ناجحة في مكافحة الافات، وهي في الواقع اكثر إختيارا في فعلها عن البكتيريا، إذ ان مفعولها يكون على افة واحدة او على عدد قليل من الافات، وهي غير ضارة بالكائنات الاخرى الموجودة في البيئة. ولكن لسوء الحظ، لا بد من نمو الفيروسات في خلايا حية في العائل، ومعنى ذلك زراعة نوع الافة نفسها ايضا. وبمجرد اطلاق الافة المصابة بالفيروس في الحقل تنتشر الصابة طبيعيا، او يمكن الامساك بالضحايا الاولى للصابة الفيروسية وطحنها واستخدام مسحوقها في توزيع الفيروس في اماكن أخرى جديدة. واستخدمت الفيروسات بنجاح في مكافحة

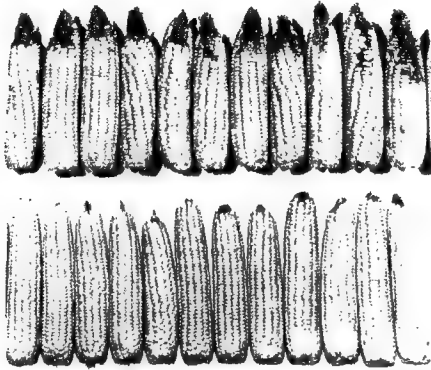
حشرات مثل دودة لوز الفطن ودودة براعم الدخان، دبور الصنوبر الاوروي، دودة الكرب النصف قياسية، دودة البرسيم.

٨-٤٢: تربية أنواع مقاومة BREEDING RESISTANT SPECIES

ويوجد اتجاه يدعو إلى التفاؤل لزيادة انتاجية المحاصيل وذلك بتربية صفة مقاومة الافة في المحصول نفسه بنفس الطريقة التي يتم بها ادخال جينات تحمل خواصا اخرى مثل كمية المحصول، اللون، المحتويات البروتينية، وغيرها إلى الانواع المستأنسة. ولقد امدنا نبات طماطم برى وجد ناميا في حقل قصب سكر في بيرو بالمادة الجينية والتي امكن بها ادخال المناعة ضد العديد من الامراض الفطرية في اكثر من ٣٠ صنف من اصناف الطماطم التجارية. وتمت تربية ٢٤ من أنواع القمح التجارية ذات مناعة ضد ذبابة الهسيان (Hessian fly) وهي افة خطيرة تصيب القمح ويظن انها دخلت الولايات المتحدة في قس استخدم في فراش جنود الهسيان الذي حاربوا ضد البريطانيين اثناء حرب التحرير. وتم ادخال انواع البرسيم مثل النوع لاهونتان (Lahontan) المقاومة ضد المن، وكذلك انواع الذرة المقاومة لهجوم دودة كيزان الذرة الشكل (٤٢-٩)، ودودة الجلود وحفار الساق بعد اتباع برامج تربية دقيقة.

وتربية انواع الحبوب مثل القمح، الشوفان، الشعير لمقاومة للأمراض الفطرية، كانت تربية ناجحة فردية، ولكن انتاج الانواع المقاومة ليس هو العلاج الدائم، إذ أن باستخدام المضاد الحيوي امكن التغلب على فعلها بنشوء بكتيريا منيعة لتلك المضادات الحيوية، لذلك فان انتاج حبوب عندها مناعة ضد الفطريات بالتربية الانتخائية سيتبعه بأي حال من الاحوال ظهور طفرات من الفطر قادرة على التطفل على محاصيل الحبوب. ومن المهام الرئيسية والمهلكة للاعصاب التي تواجه الباحثين في مجال تربية النباتات في وزارة الزراعة الامريكية هو ان تسبق دائما الفطريات وتؤكد من امكانية تحمول مزارعي الحبوب الامريكيين إلى انواع أحدث ومقاومة كلما ابتدأت الأنواع الأقدم في الموت، ويوضح الشكل ٤٢-١٠ المسار المتغير للمعركة الدائرة بين الشوفان المستأنس وبين الفطريات التي تتطفل عليه.

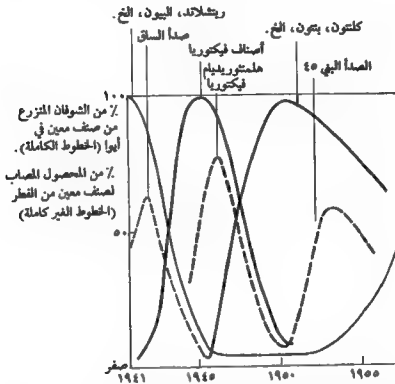
وفي عام ١٩٧٠م شهدت الولايات المتحدة عرضاً حياً لمقدرة الطفيليات في التطور مع عوائلها. فقبل عام ١٩٧٠، سببت اللفحة الورقية الجنونية في الذرة، المتسببة عن



الشكل ٩-٤٢: أعل: ذرة سكرية صنف جولدن كروم تالفة بواسطة دودة كيزان الذرة. أسفل: أصابة دودة كيزان الذرة لصنف من أصناف الذرة السكرية (La2 w x 145) الذي أمكن تربيته ليكون منيعاً ضد الإصابة بهذه الدودة. لاحظ القلة الواضحة في شدة الإصابة. بتصریح من وزارة الزراعة الأمريكية.

الفطر *Helminthosporium maydis* أضرارا طفيفة نسبياً، إذ كانت سلالات الذرة المهجنة المستخدمة في هذا الوقت ذات مناعة نسبية ضد الفطر المذكور، لو أن المعروف عنها أنها كانت قابلة للإصابة بسلالة الفطر *Helminthosporium* الموجودة في الفيلين.

وفي عام ١٩٦٩م زادت خسائر الذرة في ولاية فلوريدا بسبب الفطر *Helminthosporium* ريبيا لظهور طفرة حديثة تشبه السلالة الموجودة في الفيلين. وفي موسم ١٩٧٠، انتقلت هذه السلالة الحساسة للإصابة بالفطر المذكور من ولاية فلوريدا إلى ولايات الخليج ثم استمر انتقالها حتى وصلت إلى الوسط الغربي وبالتدرج إلى كندا. وفي بعض السنين، بلغ الفقد في المحصول ٥٠٪ أو أكثر. وبالنسبة للولايات المتحدة ككل، فقد بلغ الفقد في المحصول نحو ١٥٪ وهو فقد يعادل ثمنه نحو البليون من الدولارات.



الشكل ١٠-٤٢: علاقة العائلة - الطفيل بين الشوفان المستأنس (*Avena sativa*) وبعض من طفيلياته . وكل ادخال لصف مقاومة للفطر يتبعه ظهور شكل جديد من الفطر القادر على التغلغل وينتاج . وفي كل مرة يحدث فيها ذلك ، يتحول مزارعو الشوفان في ولاية أيوا لصف آخر لا يزال منيعا للفطر . وبحلول عام ١٩٥٥ ، أنقضت عدة سنوات منذ زراعة الصنفين ريتشارد ، البيون ، لدرجة أن أشد طفيل لها أخطي وأمكن إعادة ادخالها بأمان لفترة من الزمن .

ولحسن الحظ ، فإن مربى النباتات امكنهم استنباط سلالات من الذرة مقاومة لنوع آخر من الفطريات ، ظهر ان تلك السلالات عندها كذلك مناعة ضد الفطر *Helminthosporium* وعلى اية حال ، فالدروس واضحة ، انتاج عائل ذو مناعة هي عملية مؤقتة ، كلما كانت الزراعة لمحصول واحد متجانس وراثيا في مساحات منتشرة ، كلما ازدادت خطورة الامراض .

٩-٤٢: اتجاهات أخرى لمكافحة الآفات

OTHER APPROACHES TO PEST CONTROL

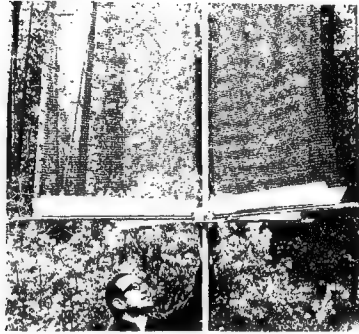
تعتبر الدورة الزراعية من الوسائل البسيطة ولكنها فعالة في الاقلال من هجوم الافات . وبالتخطيط لزراع حقل بمحصول واحد لمدة فصل واحد ثم محصول آخر في

الفصل التالي ، فإن الافات التي تنجو من الشتاء في التربة أو في بقايا النباتات لا تجد ما تعيش عليه ليساعدها في تجديد نموها التعدادي في الموسم التالي . فالتخلص واتلاف بقايا النباتات الصالحة للتطفل ، بل حتى عمليات العزق (Tillage) البسيطة يمكنها الإبقاء على أعداد من الافات بالبيئة .

و يعتبر استخدام المواد السطاردة للحشرات (Repellents) طريقة اخرى مشجعة ، وبعض الحالات ، يمكن للنباتات ان تمتص تلك المواد الطاردة مما يجعلها رديئة المذاق لمقرساتها .

و على العكس من ذلك ، فجاذبات الحشرات (Attractants) يمكن تسخيرها في مجال مكافحة الافات . ولقد تم اكتشاف نحو ٢٠٠ مادة كيميائية والتي يمكن لاحد الجنسين (غالباً الانثى) من نوع مامن انواع الحشرات ان ينجذب إلى الجنس الاخر من نفس نوعه . والكثير من تلك الجاذبات الجنسية او المواد الكيميائية القريبة منها ، قد تم تصنيعها اي تخليقها واصبحت متاحة تجارياً ومن تلك الجاذبات الجنسية المصنعة جاذبات ديدان الكربن نصف القياسة وسوسة لوز القطن ودودة اللوز القرنفلية ودودة اللوز القرنفلية ودودة الغجر وغيرها . وقد اجريت تجارب حقلية مكثفة لاستخدام الجاذبات الجنسية . وعموماً فيوجد اتجاهان تم اختيارهما ، ففي بعض الدراسات الحقلية ظهر ان توزيع الجاذبات في كل ارجاء الحقل يغطي على جاذبات الحشرة نفسها وبذلك يفشل الجنسان (الذكر والانثى) في التلاقى لاحداث التزاوج ، وسميت تلك العملية بارتباك الذكر (Male confusion) او عملية تشتيت الاتصال (Communication disruption) والطريقة الثانية أو البديلة هي استخدام مصائد يوضع بها الطعام (Bait) الذي هو المادة الجاذبة الجنسية للآفة والتي ينجذب اليها الذكر (وأحياناً الأنثى) ليلقى حتفه (الشكل ٤٢-١١) . وكل من هذه الاتجاهات تبدو مشجعة وخاصة إذا لم تكن الاصابة بالآفة شديدة .

وفي الخريف يدخل الكثير من الحشرات فترة بيات شتوي يسمى (Diapause) تقضى فيها فترة الشتاء ، وفي الربيع ، تنهى الحشرات بياتها الشتوى هذا وتكمل دورة حياتها . وتنظم عمليتا الدخول والخروج من البيات الشتوى بفترة ضوئية (Photo-period) اي ، نسبة طول كل من النهار والليل . وفي الدراسات الحقلية الحديثة ، وجد ان قطع التجارب الارضية المضيفة في الليل منعت البرقات من دخول بياتها الشتوى .



الشكل ٤٢-١١: عامل باحث مع مصلحة الغابات بالولايات المتحدة في محطة أبحاث الغابات والمراعي في جنوب غرب الباسيفيك يضع مصيدة لاصقة في الغابات قرب بحيرة باسي في غابة سيريا الوطنية. تحتوي المصيدة على وعاء به المادة الجاذبة الجنسية لخنفساء الصنوبر الغربية، وهي الة رئيسية للغابات الصنوبر في الغرب. تمسك الحشرات في المصيدة وهي طائرة في اتجاه الريح جهة المادة الجاذبة. بتصریح من مصلحة الغابات الامريكية).

ولأن الحشرات التي لاتدخل بيئاتها الشتوى لايمكنها ان تعيش ظروف الشتاء الصعبة، فان ذلك يرفع من احتمالات مكافحة الافات بالتحكم صناعيا في فترة الضوء. والحاجة الان إلى ابحاث أكثر للتأكد مما إذا كان مستوي الاضاءة المطلوبة ممكن اقتصاديا.

THE STERILE MALE TECHNIQUE

٤٢-١٠: طريقة تعقيم الذكور

إن فن تعقيم الذكور هو من أذكى وانجح وسائل مهاجمة الافات الحشرية. وطبق هذا الفن لأول مرة ضد ذبابة الدودة الخلزونية (Screw worm fly) وهي افة خطيرة تصيب الماشية. تضع انثى الذباب بيضها في قرع اوفي اي مكان آخر مجروح على جسم الحيوانات. بعد الفقس، تتغذى اليرقات على انسجة العائل، بفعلهم هذا فانهم يعرضون مساحات اكبر من جسم الحيوان لوضع البيض، موت الحيوان العائل هو غالبا النهاية الوخيمة لذلك. ولقد قدر قبل ابادة هذه الذبابة من الولايات الجنوبية الشرقية

ان تلك الذبابة كانت تتسبب في خسائر سنوية من الماشية تقدر بنحو ٢٠ مليون دولار.

وامكن اباداة هذه الذبابة باطلاق ذباب مربي معمليا بعد ان تم تعقيمه وسط الاعداد الموجودة في الطبيعة من تلك الذبابة. وتم التعقيم بتعريض الذباب في المعمل باشعة جاما كافية لجعلها عقيمة ولكنها لايجعلها تفقد قدرتها على التزاوج.

وإبتداء من عام ١٩٥٨م، تم اطلاق نحو ٥٠ مليون ذبابة معقمة كل اسبوع من طائرة تطير فوق ولاية فلوريدا واجزاء من الولايات المجاورة لها. واعتمد نجاح تلك العملية فقط على الذكور المعقمة إذ كان من الصعب عمليا فرز الذكور عن الاناث قبل الاطلاق. وبزيادة عدد الذكور المعقمة في المنطقة، تزداد كذلك فرصة الاناث الخصبة في التعداد الموجود في الطبيعة على أن لا يلحقها ذكر عقيم، وفي كل مرة يحدث هذا، تضع تلك الإناث بيضا عقيما وبما ان الانثى تتلقح مرة واحدة فقط، فان حياتها التناسلية تنتهي بدون انتاجها لأي صغار جدد. وبأوائل عام ١٩٥٩م، تم بالفعل اباداة الافة شرق نهر المسيسيبي.

ثم انجحة الفكر إلى اباداة الدودة الحلزونية في الولايات الجنوبية الغربية وكان هذا تفهم رائع إذ ان الافة تقضى الشتاء في المكسيك، مع كل فصل جديد يمكنها عبور الحدود وتنتقل إلى الولايات الجنوبية الغربية من الولايات المتحدة الامريكية والتي تربي فيها الماشية. ومع ذلك، فبتكرار الاسقاط الجوى للذباب العقيم على حدود المكسيك - تكساس كل عام، امكن اباداة الافة من تلك الولايات الجنوبية الغربية كذلك، في عام ١٩٧٢م، سجلت الافة موجه جديدة واضحة - إذ وجدت ٩٠,٠٠٠ من حالات الدودة الحلزونية في الماشية بالولايات المتحدة. ماذا حدث إذن. ربما ظهر امامنا مثل من امثلة التكيف مع الطبيعة. فاذا، على سبيل المثال، طارت اي من الذبابة، يكون عند هذا الذباب وراثة عدم الرغبة في التزاوج مع الذباب المعقم الذي نطلقه من الطائرة، الانتخاب الطبيعي يفضل مثل هذا الذباب الغير معقم هذا بكل تأكيد.

وبالرغم من هذا الانتكاس الحديث فالنجاح الكلي لبرنامج الدودة الحلزونية شجع تطبيق طريقة الذكور العقيمة في آفات حشرية أخرى. ولقد اثبت هذا الأسلوب فعالية في مكافحة دودة اللوز القرنفلية (آفة من آفات نباتات القطن في ولايات كاليفورنيا، نيفادا، أريزونا)، وكذلك في مكافحة ذبابة ثمار حوض البحر المتوسط (Medfly) وهي

آفة خطيرة من آفات ثمار الفاكهة في ولاية كاليفورنيا ودول أخرى كثيرة خاصة دول البحر المتوسط وباستخدام طريقة الذكور العقيمة كجزء من برنامج مكافحة المتكاملة (In-tegrated control) والذي استخدمت فيه أيضا المبيدات الحشرية بكثافة والجاذبات الجنسية لسوسة اللوز، أمكن استئصال سوسة لوز القطن في وسط مساحة تبلغ نحو ٥٠٠٠ ميل مربع في جنوب الميسيسيبي المجاورة من ولايتي الاباما ولوزيانا.

وبالنسبة لبعض الآفات الحشرية، فإن الجرعات الاشعاعية اللازمة لاجداث العقم في ذكورها كانت تضر تلك الآفات من جهات أخرى كذلك. ولتفادي هذه المشكلة، تجري المحاولات لادخال التعقيم أو التعقيم الجزئي في تعداد الافة بطرق أكثر دقة. فمن الممكن، على سبيل المثال، تنمية أو إيجاد اعداد من الحشرات المرباه معمليا وتحمل كروموسومات مشوهة غير طبيعية والتي يمكن ادخالها بالانكسارات المرغبة واعادة الترتيب - (انظر قسم ١١-٤). ويوجد جميع الجينات كاملة في هذه الحشرات، فهي أي تكون سليمة صحيا. وعندما تتزاوج هذه الحشرات مع افراد موجودة في الطبيعة، فانها تدخل هذه الكروموسومات المشوهة في التعداد الموجود في الطبيعة لتلك الحشرات.

ويتج عن ادخال الكروموسومات المشوهة وجود أعداد كبيرة (يتوقف على عدد الكروموسومات المشوهة والمستخدمه في التكنيك) من الافراد الناتجة من عمليات التزاوج بين الافراد المشوهة والسليمة وهي افراد غير حيوية بسبب احتوائها على جينات غير متوازنة. وهذه الافراد الغير حيوية والناتجة عن تشكيلة عشوائية (انظر قسم ٩-٥) والمحفوظة بآ فيه الكفاية لتلقيها مجموعة متوازنة من الكروموسومات المشوهة، يمكنها تكرار العملية، بذلك تنتشر وسيلة من وسائل عدم الاخصاب في جيل اخر. وتجري الان مجهودات مضمينة لامكانية استخدام هذه الوسائل في مكافحة الذباب المنزلي والبعوض.

١١-٤٢ : ماذا يجعل لنا المستقبل : WHAT DOES THE FUTURE HOLD

ان تعداد الانسان على الارض اليوم لا يمكن ان يحافظ على مستواه ان لم نعمل جاهدين على تغيير التوازن الطبيعي لاعداد الكائنات الاخرى لصالحنا. فالزراعة والصناعة، والتجارة، والمواصلات السريعة قد احدثت تغيرات في بشنا الحيوية والتي

كانت في صالحنا. كما انها ايضا شجعت حدوث تغييرات ثانوية في تعداد النباتات والحيوانات والحشائش، والارانب، والافات الحشرية، وغيرها والتي تمهدنا باستمرار بالتقليل الفجائي من مقدرة البيئة على تدعيم معيشتنا. علاوة على ذلك، فبما ان تأثيرنا امتد إلى كل زاوية على وجه الارض، فاننا هددنا احيانا بقاء بعض الأنواع مثل الحوت الأزرق والذي في وجوده المستمر على الأرض، بالرغم من عدم اهميته في رفاهيتنا، الا انه يزودنا بالرغبة والتنوع في حياتنا.

وبالزيادة السريعة في التعداد في عالم سريع الانكماش، فان حد الخطأ في معاملتنا لبيئتنا قد قل بكثير. وإذا ما اردنا تفادي الكوارث في المستقبل فلا بد من العمل على ايصال القدرة الطويلة المدى لبيئتنا إلى حالة توازن مع تعدادنا. ويجب ان نتعلم كيف نخزن او نحافظ على مواردنا التي يمكننا ان تتجدد مثل المعادن، الزيت، الفحم على الاقل لحين ايجاد بدائل لها تفي بالغرض المطلوب. كما يجب ان نوجه مجهوداتنا، بقدر الامكان، تجاه استخدام المواد المتجددة لهذا الغرض وهي المواد الناتجة عن عملية البناء الضوئي.

واعتمادنا المستمر الزائد على الموارد المتجددة يحتاج منا ان نعمل ما في وسعنا لتجنب اقلال الكفاءة التي تستطيع بها الطاقة الشمسية ان تتحول إلى هذه المواد. فيجب الحفاظ على التربة وخصوبتها باعتناء، ويجب الحفاظ كذلك على الماء وعلى نقائه، كما يجب الاستمرار في تربية النباتات والحيوانات القادرة على تحويل المادة والطاقة باقل فاقد ممكن اي القادرة على النمو بأعلى كفاءة. ويجب العمل بكل حرص عند نقل الأنواع من مكان إلى اخر على الارض، استخدام المكافحة الكيميائية والحيوية مع اعداد اخرى من الافات. كل هذه الاشياء تحتاج إلى علماء في علوم الاحياء في المعامل وفي الحقل، والذين يمكنهم معالجة تداخلات التعقيدات البيئية التي تتبع اوتلي اي تغيير نرغبة على حيوية المجال الأحيائي (Biosphere) وسوف يحتاج كل ذلك أيضا إلى رجال ونساء من جميع نواحي الحياة بحكمتهم ويعد نظهرهم لوضع المعرفة التي تعلمناها من البيئة موضع التنفيذ. ويجب، بل لا بد من استخدام بيئتنا، كما يجب أن لا نستهلكها. فالميزانية غير المتوازنة لفترة طويلة قد تعرض حياتنا الطبيعية والروحية للخطر، اي في حقيقة الامر بقاء احيانا القادمة. وهي أيضا تهدد مستقبل الكثير من الكائنات الحية الاخرى والتي تنقسم معنا الكرة الارضية والتي علمتنا الكثير عن انفسنا وعن طبيعة

الحياة نفسها.

CHAPTER SUMMARY

ملخص الباب

الزراعة الوحيدة (Monoculture) هي زراعة محصول واحد في مساحة واسعة، مثل هذا النوع من الزراعة، ولو أنه ضروري في الميكنة الزراعية، إلا أنه يسمح بزيادة كبيرة في حجم تعداد الافات التي تصيب هذا المحصول وتسهل انتقال هذه الافات من نبات إلى آخر.

وللمحصول على منفعة من نظام الزراعة الموحدة، فلا بد من إيجاد الوسائل اللازمة لمكافحة افات هذا المحصول. ولقد اكتشفت مبيدات كيميائية متعاقبة لهذا الغرض. ول سوء الحظ، فإن الاستخدام الواسع لمبيدات الافات الكيميائية أدى إلى: (١) نشوء المناعة لتلك الكيميائية عند الآفة (٢) الاضرار باعداد المفترسات الطبيعية للافات، (٣) الاضرار بالانواع الاخرى التي تتعرض لتلك المبيدات والغير مقصود مكافحتها.

ويتبدل الآن الجهودات لإيجاد وسائل مكافحة الافات والتي تشمل عدة اتجاهات مثل: (٣) المكافحات الحيوية مثل اطلاق طفيليات ومفترسات الافات، (٢) تربية انواع مقاومة من المحاصيل، (٣) الدورة الزراعية (٤) القضاء على تعداد الآفة باستخدام الذكور العقيمة، (٥) استخدام الجاذبات الجنسية لتشتيت التكاثر (٦) الاستخدام الامثل والمعقول للمركبات الكيميائية والمتخصصة في مفعولها بقدر الامكان.

EXERCISES AND PROBLEMS

تمارين ومسابيل:

- ١ - كيف تنشأ بالضبط عشائر من الدباب المنيع ضد الددت.
- ٢ - ماذا تتوقع مما يلي ان يكون احد اعراض التسمم بالباراثيون:
 - (أ) إتساع حدة العين،
 - (ب) زيادة افراز اللعاب،
 - (ج) زيادة ضربات القلب،
 - (د) ارتجاف ارتعاش العضلات،
 - (هـ) الاسهال،
 - (و) ارتخاء الشعب الهوائية.

REFERENCES

المراجع

1. CARSON, RACHEL, Silent Spring, Houghton Mifflin, Boston, 1962. It was this landmark book that made the general public aware for the first time of problems connected with the widespread and indiscriminate use of pesticides.
2. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE, Report of the Secretary's Commission on Pesticides and Their Relationship to Environmental Health, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C., 204020. An encyclopedia of data on pesticides.
3. PEAKALL, D. B., "Pesticides and the Reproduction of Birds", Scientific American, Offprint No. 1174, April, 1970.
4. JACOBSON, M., and M. BEROZA, "Insect Attractants", Scientific American, Offprint No. 189, August, 1964. How sex attractants are being used as a weapon against certain insects.
5. WILLIAMS, S.M., "Third-Generation Pesticides", Scientific American, Offprint No. 1078, July, 1967. Explores the potentialities of juvenile hormone as an insecticide.
6. SCHNEIDER, D., "The Sex-Attractant Receptor of Moths", Scientific American, Offprint No. 1299, July, 1974. Concludes that a nerve impulse in receptor cell can be triggered by one molecule of the attractant.

النظام الدولي للوحدات

الطول	
الوحدة الأساسية هي المتر	المضاعفات والأجزاء :
وهي تساوي ٣٧ر٣٩ بوصة	كيلومتر (كم) $= 10^3 \text{ م}$
	ديسيمتر (دسم) $= 10^{-1} \text{ م}$
	سنتيمتر (سم) $= 10^{-2} \text{ م}$
	ميلليمتر (مم) $= 10^{-3} \text{ م}$
	ميكرومتر (ميكرون) $= 10^{-6} \text{ م}$
	نانومتر (نم) $= 10^{-9} \text{ م}$
	أنجستروم (أ) $= 10^{-10} \text{ م}$
الحجم	
<p>الوحدة الأساسية هي اللتر وهي تساوي ديسيمتر مكعب (دسم^٣) أي ١٠٦ ر كوارت . يزن اللتر من الماء عند أقصى كثافة له حوالي ١ كجم . وعلى ذلك فإن ١ ميليلتر (أي ١٠^{-٣} لتر) من الماء يزن تقريبا ١ جم . السنتيمتر المكعب الواحد (سم^٣) هو ١٠^{-٣} من الديسيمتر المكعب (دسم^٣) وبالتالي فهو يساوي الميليلتر ولذلك يستعمل كل منها كمكافيء للآخر .</p>	
الكتلة	

الوحدة الأساسية هي الجرام (جم) المضاعفات والأجزاء :	
كيلوجرام (كجم) $= 10^3 \text{ جم}$	2 رطل
سنتيجرام (سج) $= 10^{-2} \text{ جم}$	
ميلليجرام (مجم) $= 10^{-3} \text{ جم}$	
ميكروجرام (مكجم) $= 10^{-6} \text{ جم}$	

درجة الحرارة

الوحدة الأساسية هي درجة سيلسيوس (كانت تسمى الدرجة المئوية) °م. درجة صفر سيلسيوس هي درجة تجمد الماء ودرجة مائة سيلسيوس هي درجة غليان الماء. للتحويل من درجات سيلسيوس إلى درجات فهرنهايت أو بالعكس: الدرجة بالفهرنهايت - ٣٢ $\times \frac{9}{5}$ = الدرجة سيلسيوس

تحويلات فاعلة

١ بوصة (اينش)	= ٢.٥٤ سم
١ أوقية (أونصة)	= ٢٨.٣٥ جم
١ رطل	= ٤٥٣.٦ جم
١ أوقية سائل أمريكية	= ٢٩.٥٧ ميليلتر
١ كوارت سائل أمريكي	= ٩٤٦.٠ لتر

قائمة المصطلحات

GLOSSARY

مرتبة حسب الأبجدية العربية

ENDOCYTOSIS	الابتلاع الخلوي
احاطة مادة غير خلوية بواسطة خلية مصحوبة بانبعاج واقتطاع جزء من الغشاء الخلوي. المادة المحاطة عندئذ تكون مغلقة داخل فجوة.	
INGESTION	ابتلاع
ادخال الطعام أو الماء الى الجسم.	
APOMIXIS	أبو ميكسيس
التكاثر بالبذور التي تكونت لاجنسيا وليس جنسيا.	
SYNAGMY	اتحاد مشيجي
اتحاد الأمشاج في التكاثر الجنسي.	
EQUILIBRIUM	اتزان
حالة توازن بين عميلتين متضادين.	
MYONEURAL JUNCTION	الاتصال العضلي العصبي
الاتصال بين خلية عصبية محركة وليفة عضلية.	
EUTROPHICATION	اثراء غذائي
العملية التي فيها يصبح جسما من الماء غنيا في المواد الغذائية الذاتية.	
VESTIGIAL	أثرى
لفظ يطلق على تركيب ضامر أو غير كامل النشأة وكان كامل النشأة في أحد الأطوار المبكرة من حياة الكائن أو في أسلافه.	

MONOSACCHARIDE	أحادي السكر سكر بسيط مثل الجلوكوز (كـ _٦ يد _{١٢} أ).
MONOGLYCERIDE	أحادي الجليسيريد جليسرول يحمل حامض دهني واحد.
HAPLOID	أحادي العدد الكروموسومي به مجموعة واحدة من الكروموسومات . كما في حالة الأمشاج . يسمى أيضا monoploid.
MONOECIOUS	أحادي المسكن وجود كلا المخاريط أو الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات .
VISCERA	أحشاء أعضاء في تجويف الجسم .
BRANCHIAL GROOVES	أخاديد شعية سلسلة من الأخاديد المزدوجة الخارجية في منطقة رقبة جنين الفقاريات والتي تقابل من حيث الموقع الجيوب البارزة للبلعوم (جيوب الحياشيم) .
REDUCTION	اختزال عملية اضافة اليكترونات الى مادة .
EGESTION	إخراج التخلص من المواد غير المهضومة من القناة الهضمية .
AMNIOCENTESIS	إخراج السائل الأمنيوتي إخراج السائل الأمنيوتي من امرأة حامل حتى يمكن دراسة تركيبه ، أو زراعة الخلايا الموجودة به .
EDEMA	إديما تجمع غير طبيعي لليمف في فراغات الأنسجة .
LINKAGE	ارتباط ميل اثنين من الجينات للتوارث معا لأنهما موجودان على نفس الكروموسوم .
DIASTOLE	ارتخاء القلب مرحلة ارتخاء القلب .
DEDIFFERENTIATION	ارتداد التشكل

- ارتداد خلية متخصصة الى النوع الجنيني الأكثر عمومية.
- CHARACTER DISPLACEMENT** ازاحة الصفات
- التباعد التطوري لنوعين والذي يقلل من المساحة البيئية المشتركة بينهما.
- ESTROGEN** استروجين
- واحد من مجموعة الهرمونات الجنسية من بين تأثيراته المختلفة العمل على تشجيع ظهور الصفات الجنسية الثانوية .
- OSMOSIS** أسموزية
- إنتشار مذيب (عادة الماء) خلال غشاء شبه منفذ .
- ACETYLCHOLINE** أستينائل كوليسن
- مركب عضوي يفرز عند نهايات الكثير من الخلايا العصبية . مزاج عصبي .
- THYLAKOIDS** أشباه حجيرات
- أزواج من الأغشية المحتوية على الكلوروفيل تكون تراكيب تشبه الأقراص بداخل البلاستيدات الخضراء . الأكوام المتراصة من أشباه الحجيرات تسمى الحبوب .
- ADAPTIVE RADIATION** اشعاع تكيفي
- تطور، من نور واحد من الأسلاف، لعدة أنواع مختلفة متكيفة مع طرق معيشية مختلفة .
- LICHEN** أشنة
- تجمع فيه تبادل منفعة بين فطر وطحلب .
- ETIOLATION** الاصفرار
- ظاهرة تحدث للنباتات التي تربي في الظلام وتتميز باللون الباهت وطول السلاميات والأوراق الصغيرة .
- STOCK** أصل
- جزء من نبات (عادة يحتوي على جذور) يتم غرس الطعام عليه .
- HABITULATION** اعتياد
- عملية التعود على أي شيء .
- PREDIATION** افتراس
- العيش على التهام كائنات أخرى .
- OVULATION** افراز البيض
- افراز بيضة أو أكثر من المبيض .

ACTINOMYCIN D	أكتينومايسين د
	مضاد حيوي معزول من بكتيريا التربة وهو يعترض عملية تخليق الحامض RNA المعتمد على الحامض DNA.
OXIDATION	أكسدة
	عملية ازالة اليكترونات من المادة .
EXON	اكسون
	منطقة من جين تحمل الشفرة لعديد الببتيد . قارن مع انترون
SCAVENGER	آكل البقايا
	حيوان يتغذى على الكائنات الميتة أو بقايا الكائنات .
HERBIVORE	آكل الأعشاب
	حيوان يتغذى على النباتات .
AQUIFER	أكويفر
	طبقة في الأرض تكون مشبعة بالماء .
ALLANTOIS	الانتويس
	غشاء جنيني اضافي في الزواحف والطيور والثدييات وهو يكون جيبا ينمو للخارج من الجزء الخلفي للقناة الهضمية .
ADHESION	التصاق
	قوة الجذب بين جزيئات غير متشابهة .
CONVERGENCE	إلتقاء
	تطور الصفات المتشابهة سطوحيا في الكائنات التي ليست بينها صلة قرابة ولكنها تعيش في بيئات متشابهة
INFLAMMATION	التهاب
	استجابة نسيج للضرر وتتميز بزيادة سريان الدم وارتفاع درجة الحرارة والاحمرار وتراكم خلايا الدم البيضاء والألم .
PHAGOCYTOSIS	التهام
	احاطة مواد صلبة بواسطة خلية .
ELECTRON	الكترون
	جسيم ذو شحنة سالبة يوجد خارج نواة الذرة .

TUGOR	امتلاء
	تمدّد جدر خلية نباتية نتيجة تجمع الماء بداخل الخلية.
EMPHYSEMA	امفيسيا
	حالة تصيب الرئتين وتتميز بنقص السطح المتاح لتبادل الغازات.
AMPHITAMINE	امفيتامين
	عقار يشبه في تركيبه الجزيئي التركيب الجزيئي للأدرينالين والنور أدرينالين ويشاركهما في الخواص التنبيهية.
AMNION	الأمنيون
	غشاء جنيني اضافي في الزواحف، الطيور، الثدييات يحيط بالجنين في محفظة مملوءة بسائل.
AMOEBIA	الأميبا
	حيوان أولي وحيد الخلية يتحرك بواسطة أقدام كاذبة.
AMYLASE	أميليز
	انزيم يهضم النشا أي يحلله تحليلا مائيا.
GERMINATION	انبات
	مواصلة الجنين للنمو في داخل البذرة، أو مواصلة جرثومة للنمو.
NET PRODUCTIVITY	الانتاجية الصافية
	كمية الطاقة المحبوسة في مادة عضوية أثناء فترة محددة عند مستوى غذائي معين مطروحا منها تلك المفقودة عن طريق تنفس الكائنات عند هذا المستوى.
INTRON	انترون
	جزء من جين تم نسخه في الحامض RNA ولكنه لا يترجم الى عديد الببتيد.
DIFFUSION	انتشار
	هجرة جزيئات أو أيونات نتيجة لحركتها العشوائية من منطقة التركيز الأعلى الى منطقة التركيز الأقل.
DIALYSIS	الانتشار الغشائي
	فصل الجزيئات الذائبة عن طريق خاصية معدلاتها المختلفة للانتشار خلال غشاء شبه منفذ.
TROPISM	انتحاء

استجابة تلقائية لنمو أو توجيه في اتجاه يحدده الاتجاه الذي يصيب المنبه منه الكائن .

ANTIGEN

أنتيجن

مادة غريبة تسبب في تكوين الأجسام المضادة ، جزيء كبير (عادة بروتين أو مادة عديدة التسكر) عندما يدخل في جسم حيوان يكون غريبا عنه ويحثه على تكوين الأجسام المضادة .

ANDROGEN

أندروجن

واحد من مجموعة من الهرمونات الجنسية للذكور الحيوانات الفقارية والتي تشجع نشوء الصفات الجنسية الثانوية .

RESTRICTION ENDONUCLEASE

إندونوكليز التحديد

انزيم يقطع جزيئات الحامض DNA فقط عند أو بالقرب من تتابعات معينة من القواعد .

ENDOSPERM

اندوسبرم

النسيج المغذي الذي يحيط بالجنين الناشئ في النباتات البذرية ويقوم بتغذيته .

ENZYME

انزيم

حافز بروتيني يتجه كائن حي .

MOLT

انسلاخ

التخلص من الغطاء الخارجي .

CLEAVAGE

الانشطار

الانقسام غير المباشر المتكرر للزيجوت الذي يكون البلاستولا عديدة الخلايا .

FISSION

الانشطار

التكاثر اللاجنسي عن طريق انقسام الجسم الى اثنين أو أكثر من الأجزاء المتساوية .

MEIOSIS

الانقسام الاختزالي

الانقسامان المتتابعان للخلية مع تضاعف واحد للكروموسومات واللذان ينتج عنها أربعة خلايا بكل منها نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الأصلية .

CYTOKINESIS

انقسام السيتوبلازم

انقسام السيتوبلازم - على خلاف ما في النواة - أثناء الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي .

MITOSIS

الانقسام غير المباشر

انقسام (خلوي أو ببساطة نووي) يلي تضاعف الكروموسومات حيث يكون لكل خلية (أو نواة) أختية نفس المحتويات الكروموسومية كالحلية الأصلية.

ANEMIA

أنيميا (أو فقر الدم)

نقص خلايا الدم الحمراء أو الهيموجلوبين في الدم.

OPSIN

أوبسين

الجزء البروتيني في الأصباغ البصرية للعين.

OPIATE

أوبيات (أفيونات)

مادة مخدرة محضرة أو مشتقة من الأفيون.

AUXIN

أوكسين

هورمون نباتي ، من بين تأثيراته تشجيع استطالة الخلية.

I g A

آي جي أ

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة توجد بوفرة في الدموع والكولوستروم وغيرهما من الإفرازات.

I g E

آي جي إي

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة تتحد مع المواد المحبة للقواعد ومع الخلايا الساذية وهي مسئولة عن كثير من تفاعلات الحساسية.

I g C

آي جي سي

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة موجودة بكثرة في الدم.

ISOMETRIC

أيزمري

انقباض العضلة بدون نقص في طولها.

METABOLISM

أيض

تبادل المادة والطاقة بين الكائن وبيئته وتحول هذه الطاقة والمادة داخل الكائن.

ION

أيون

ذرة أو مجموعة ذرات لها شحنة كهربائية ناشئة عن اكتساب أو فقد اليكترونات.

BARBITURATE

باربيتورات

أي من عدة مئات من مشتقات حامض الباربيتوريك المستخدمة كمسكنات (مثل الفينوباربيتال).

BASIDIUM

بازيديوم

تركيب صولجاني الشكل منتج للجراثيم في الفطريات البازيدية تتكون على سطحه الخارجي أربعة جراثيم بازيدية.

EXTENSOR

باسط

عضل يعمل على بسط الطرف.

GENE POOL

بحيرة الجينات

كل الجينات في عشيرة معينة لأحد الأنواع.

PRIMITIVE

بدائي

يشبه ذلك الموجود في التاريخ التطوري المبكر للعضو أو للكائن.

PROKARYOTE

بدائي النواة

كائن لا تحتوي خلاياه على أنوية محاطة بأغشية ولا على عضيات أخرى محاطة بأغشية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات. تشمل البكتيريا والطحالب الزرقاء. غالبا تكتب **procaryote**.

SEED

بذرة

نبات جنيني مزود بالغذاء وتحمية أغلفة البذرة. تعمل كوسيلة للانتشار في عاريات البذور وكاسيات البذور. تنبأ من البويضة المخصبة.

PARENCHYMA

برانشيمية

نسيج نباتي يتكون من خلايا رقيقة الجدر وغالبا متباعدة بعض الشيء ويأرس عملية البناء الضوئي و/أو تخزين الغذاء.

GONAD

برعم تناسلي

عضو منتج للأمشاج.

PROTOBLAST

بروتوبلاست

خلية لنبات أو لبكتيريا نزع عنها غشاءها.

PROTON

بروتون

جسيم ذو شحنة موجبة موجود في أنوية جميع الذرات. أيون الهيدروجين (يد⁺) هو بروتون.

MYELOMA PROTEIN

بروتين الميولوما

جلوبيولين مناعي نقي (جسم مضاد) تنتجه سلالة سرطانية من خلايا البلازما.

PROTEINASE	بروتينيز
	انزيم يعمل على تميؤ الروابط الببتيدية في البروتينات .
PROTEASE	بروتينيز
	انزيم يعمل على تميؤ الروابط الببتيدية سواء في البروتينات أو في الببتيدات .
PROSTAGLANDIN	بروستاجلاندين
	أي من عدد من الأحماض العضوية المحتوية على ٢٠ ذرة كربون والتي يتم تخليقها في الجسم من أحماض دهنية غير مشبعة وتكون مسئولة عن العديد من النشاطات الأيضية .
DISTAL	بعيد
	يوجد بعيدا عن مكان المنشأ أو مكان اتصال .
LEGUME	بقولي
	أحد أفراد الفصيلة البقولية (أو القرنية) التي تضم البازلاء والفاصوليا والفول وأنواع البسليم وغيرها .
PLASMA	بلازما
	الوسط السائل للدم .
PLASMODIUM	بلازموديوم
	كتلة متحركة وعديدة الأنوية من البروتوبلازم .
BLASTOCYST	بلاستوسيسست
	البلاستوبلا التي تتكون بواسطة مشيمة الثدييات . والبلاستوسيسست هي الطور الجنيني الذي ينزرع في جدار الرحم .
BLASTULA	البلاستوبلا
	الطور المبكر من نشوء الحيوان والذي فيه تحيط واحدة (عادة) من الخلايا فراغا مملوءا بالسائل (البلاستوكول)، وبذلك تتكون كرة مجوفة .
CHLOROPLAST	بلاستيدة خضراء
	بلاستيدة تحتوي على الكلوروفيل .
PLANARIAN	بلاطاريان
	دودة مفلطحة تعيش حرة وعادة مائية . تكون تحت قسم من صف التوريلاريا .
PLANKTON	بلاكتون

كائنات من البروتستانت غالبا مجهرية وطافية . الحياة الحيوانية في كمية من الماء .

PLASMOLYSIS

بلمرة

انكماش السيتوبلازم بعيدا عن جدار الخلية النباتية الموضوعة في وسط زائد التوتر بسبب فقد الماء بالخاصية الأسموزية .

POLYMER

بلمرة

مركب يتكون الجزيء . فيه من وحدات عديدة متكررة مرتبطة مع بعضها البعض .

ANABOLISM

البناء

عملية البناء الغذائي والتي يتم فيها تخليق المواد المعقدة من مواد أبسط .

POLYP

بوليب

جسم أنبوي الشكل مثبت ، يميز أغلب الكنيداريات على الأقل أثناء أحد أطوار حياتها .

DNA POLYMERASE

بوليميريز الحامض DNA

انزيم يحفز ارتباط نيوكليوتيدات دي أوكسي ريبوز مع بعضها البعض لتكوين الحامض DNA المكمل لقالب إما من الحامض DNA أو من الحامض RNA (في حالة النسخ العكسي) .

RNA POLYMERASE

بوليميريز الحامض RNA

انزيم يفتح الربط بين الريبونوكليوتيدات لتكوين حامض RNA متوافق مع قالب اما من الحامض DNA أو من الحامض RNA

OVULE

بويضة

حافطة جروثوية كبيرة موجودة بداخل مبيض النبات البذري . بعد الإخصاب تتحول البويضة الى بذرة .

BETA - GALACTOSIDASE

بيتاجالكتوسيديز

انزيم يقوم بتحليل المائي للسكر الثنائي لاكتوز .

PYRIMIDINE

بيريميدين

قاعدة أحادية الحلقة محتوية على النتروجين وتكون من بين مكونات الأحماض النووية .

PURINE

بيورين

قاعدة مزدوجة الحلقة ومحتوية على النتروجين تكون من بين مكونات الأحماض النووية والكثير من المواد الأخرى ذات النشاطات الحيوية .

PHYLOGENY	تاريخ تطوري
	التاريخ التطوري للنوع.
FLOURESCENCE	تألق
	انبعاث ضوء من مادة بعد امتصاصها لاشعاع ذو طول موجة مختلفة.
TAIGA	تايجا
	(كلمة روسية). الغابات المخروطية الشالية.
MUTUALISM	تبادل منفعة
	ارتباط وثيق بين كائنين من نوعين مختلفين فيه فائدة متبادلة بينهما.
HETEROGAMY	تباين الأمشاج
	الحالة التي يكون فيها المشيجان غير متشابهين في التركيب، مثل الحيوان المنوي والبويضة.
CLINE	التباين المستمر
	التدرج المستمر في الاختلافات التركيبية والفسلوجية التي تبدو على أفراد النوع الواحد.
BUDDING	تبرعم
	التكاثر اللاجنسي فيه ينمو كائن جديد من نمو خارجي للأب.
SEQUENCE	تتابع
	الترتيب الخطي للأحماض النووية في سلسلة عديدة الببتيد أو للنيوكليوتيدات في حامض نووي.
SIGNAL SEQUENCE	تتابع الاشارات
	تتابع قصير من وحدات الحامض الأميني يوجد عند النهاية الأمينية لعديدات الببتيد حديثة التخليق ويتم التخلص منه عند دخول عديد الببتيد الى تجاويف الشبكة الاندوبلازمية.
NITROGEN FIXATION	تثبيت النتروجين
	تحويل النتروجين الجوي N_2 الى مركبات تحتوي على النتروجين مثل NH_3
FEEDBACK INHIBITION	التثبيط الرجعي
	تثبيط أول انزيم في المسار الأيضي بواسطة الناتج النهائي من هذا المسار.
IMMUNOSUPPRESSION	تثبيط مناعي

استخدام عقار أو عامل آخر مثل الأشعة السينية لمنع الاستجابة المناعية .	
REGENERATION	تجدد
النمو ثانية لأجزاء مصابة أو مفقودة من كائن حي .	
LUMEN	تجويف .
الفجوة الموجودة داخل تركيب أنبوبي مثل وعاء دموي أو قناة الكلية .	
COELOM	تجويف الجسم
التجويف الأساسي في جسم الكثير من الحيوانات ويكون مبطن بخلايا طلائية ناشئة من الميزودرم .	
KINESIS	التحرك
حركة تنتج بسبب منبه ولكنها لاتوجه في اتجاه معين .	
LYSIS	تحلل
انحلال الخلية بعد تحطم غشاؤها الخلوي .	
IMMUNOLOGICAL TOLERANCE	التحمل المناعي
العجز عن انتاج أجسام مضادة و/أو استجابة مناعية لأنتيجن معين عن طريق وساطة خلوية .	
TRANSFORMATION	تحول
تغير الطراز الجيني للخلية بادخال حامض DNA من مصدر آخر إليها . أيضا يعني تحويل خلية عادية الى خلية سرطانية .	
SYNTHESIS	تخليق
تكوين مركب من مواد أخرى ، عادة أبسط منه .	
DENATURATION	تفكك البروتين
تغير الخواص الطبيعية والتركيب ثلاثي الأبعاد لبروتين بواسطة عوامل أضعف من أن تكسر الروابط البيبتيدية .	
FERMENTATION	تخمير
تحلل لاهوائي لمركب عضوي (مثل الجلوكوز) بواسطة كائن حي .	
CEPHALIZATION	الرأس
ميل تطوري نحو تركيز المستقبلات الحسية والجهاز العصبي المركزي عند الطرف الأمامي للحيوان .	

REVERSE TRANSCRIPTASE

ترانسكربتيز العكسي

انزيم يحفز تخليق الحامض DNA المتوافق مع قالب من الحامض RNA ، أي بوليميريز الحامض DNA المعتمد على الحامض RNA.

TRANSLATION

ترجمة

تخليق عديد ببتيد على أساس الشفرة المعدة سابقا في جزء من الحامض mRNA.

CONJUGATION

تزاوج

شكل من أشكال التكاثر الجنسي يتم فيه تبادل المادة الوراثية أثناء الاتحاد المؤقت بين خليتين. يحدث في الكثير من الهدييات (مثل الباراميسيوم) وبعض البكتيريا.

ASSORTATIVE MATING

التزاوج المشق

التزاوج بين الأفراد المتشابهين في إحدى المجاميع ، وبذلك يكون التزاوج غير عشوائي .

ISOGAMY

تشابه الأمشاج

حالة يكون فيها المشيجين متشابهين في التركيب ، كما في الكلاميدوموناس .

DIFFERENTIATION

التشكل

تغير تركيب ووظيفي لخلية غير متخصصة بحيث تصبح متخصصة.

TAXONOMY

تصنيف

من اليونانية : **taxia** بمعنى ترتيب ، **nomos** بمعنى قانون). تصنيف الكائنات الحية .

POLYPLOIDY

تضاعف كروموسومي

به ثلاثة أو أكثر من المجموعات (احادية العدد الكروموسومي) الكروموسومية الكاملة .

METAMORPHOSIS

تطور

عملية التحول (عادة فجأة) من يرقة الى الطور البالغ .

SUCCESION

تعاقب

تغير تقدمي في طبيعة عشيرة نباتية في منطقة ما .

POLYMORPHISM

تعدد الأشكال

وجود طرازات شكلية عديدة ومتميزة في العشيرة مثل ملكة وذكر وشغالات النحل .

BALANCED POLYMORPHISM

تعدد الأشكال المتوازن

المحافظة على طرازين مظهرين متميزين أو أكثر في عشيرة بواسطة الانتخاب الطبيعي .
قد يحدث تعدد الأشكال المتوازن نتيجة للانتخاب المضطرب ، أو (كما في حالة أنيميا الخلية المنجلية) اذا كان متباينو اللاحقة أكثر صلاحية من أي من متشاهبي اللاحقة .

PLEIOTROPY	تعدد التأثير
	احداث أكثر من تأثير واحد على الطراز المظهري للكائن بواسطة جين واحد.
REDOX REACTION	تفاعل ريدوكس
	تفاعل كيميائي تنتقل اليكترونات فيه من ذرة (تتأكسد) الى اخرى (فتمختزل).
DISSOCIATION	تفتت
	فصل أيونات من جزيء أو تركيب بللوري .
BIOASSAY	التقدير الحيوي
	التقدير الكمي لقوة مادة نشطة بيولوجيا من خلال تأثيرها على الكائن الحي .
SEXUAL REPRODUCTION	تكاثر جنسي
	انتاج أفراد جدد بالتحاد المادية الوراثية (DNA) لخليتين مختلفتين، عادة أمشاج وعادة من أبوين مختلفين.
ASEXUAL REPRODUCTION	تكاثر لاجنسي
	التكاثر بدون اتحاد الأمشاج (أو أية مادة نووية) .
SYMBIOSIS	تكافل
	العيشة في ترابط وثيق بين كائنات من أنواع مختلفة . تبادل المنفعة والتطفل والمشاركة الغذائية هي من صور التكافل .
ADAPTATION	تكيف (تأقلم)
	أي ميزة لكائن تساهم في بقائه حيا في بيئته .
SYNOPSIS	تلاحم
	إتحاد (جنبا إلى جنب) بين الكروموسومات المتباعدة في المراحل المبكرة للإنتقسام الإختزالي.
COPULATION	تلقيح
	اتحاد جسماني بين حيوانين يتم خلاله انتقال الخلايا المنوية من أحدهما الى الآخر.
COHESION	تماسك
	قوة الجذب بين الجزئيات المشابهة.
PERISTALSIS	تموجات ذاتية
	موجات متتابعة تمر طوليا بجدر الأعضاء الأنبوية مثل الأمعاء فتدفع محتوياتها للأمام .
HYDROLYSIS	التميسو (التحليل المائي)

تحليل مادة بادخال جزيئات الماء بين بعض روابطها . الهضم خارج الخلايا يحدث بالتميم .

TUNDRA

تندرا

سهول مستوية نسبيا ليس بها أشجار، شمال اقليم التايجا وجنوب المنطقة القطبية الشمالية .

INDUCTION

تنشيط

عملية تحدث في الجنين فيها يقوم نسيج بتوجيه تشكل نسيج آخر .

PRECURSOR ACTIVATION

تنشيط المنشئي

تنشيط آخر انزيم في المسار الأيضي بواسطة مادة التفاعل الخاصة بالانزيم الأول في هذا المسار .

SPECIATION

التنوع

نشأة الأنواع .

OUTBREEDING

تهجين خارجي

تزاوج بين أفراد متباينة وراثيا وغير قرابة النسب .

PARTHENOGENESIS

التوالد البكري

نشوء بيضة غير مخصبة الى فرد جديد . غالبا يحدث بصورة طبيعية في نباتات وحيوانات معينة مثل حشرات المن .

TORR

تور

وحدة لقياس الضغط تساوي الضغط الناتج عن عمود من الزئبق إرتفاعه ١ مم ، أي تساوي ١ مم/زئبق .

PHOTOPERIODISM

التوقيت الضوئي

استجابة نشوية أو سلوكية من الكائن لطول مدة النهار أو الظلام .

TONUS

تونس

الانقباض الجزئي المتواصل لعضلة .

TETANUS

تيتانوس

أقصى انقباض متواصل لعضلة .

TERATOGEN

تيراتوجين

مادة تسبب تشوهات المواليد .

THROMBIN

ثرومين

(من اليونانية: بمعنى جلطة). انزيم يحول الفيبرينوجين الى فيبرين.

SPIRACLE

ثغر تنفسي

(١) في الحشرات: الفتحة الخارجية للقصبة الهوائية، (٢) في كثير من الأسماك: البقية الأثرية لأول شق جشومي في أسلافها من الأسماك عديمة الأسنان.

FRUIT

ثمرة

مبيض ناضج (وأحيانا بعض الأجزاء المساعدة) لزهرة.

ADENOSINE TRIPHOSPHATE (ATP)

ثالث فوسفات الأدينوزين

مركب عضوي وهو المنبع المباشر للطاقة اللازمة لأنشطة الخلايا.

DISACCHARIDE

ثنائي السكر

سكر مثل السكروز يمكن تميؤه الى اثنين من أحاديات السكر.

DIPLOID

ثنائي العدد الكروموسومي

به اثنان من كل نوع من الكروموسومات عدا كروموسومات الجنس: يرمز له بالرمز ٢ن.

DIOECIOUS

ثنائي المسكن

يحمل الأعضاء الجنسية المذكرة على نبات والأعضاء الجنسية المؤنثة على نبات آخر من نفس النوع. نخيل البلح ثنائي المسكن.

ثنائي نيوكليوتيد النيكوتيناميد أدينين (NAD) NICOTINAMIDE ADENINE DINUCLEOTIDE

مرافق انزيمي ينقل الاليكترونات بداخل الخلية. كان يسمى ثنائي فوسفويريدين نيوكليوتيد (DPN) أو المرافق الانزيمي -١.

GASTRULA

جاسترولا

أحد اطوار النشوء في الحيوانات يتكون خلاله الجلد الداخلي والمتوسط والتجويف المعوي.

SESSILE

جالس

(١) في النباتات: يفترق الى وجود العنق مثل ورقة بدون عنق،

(٢) في الحيوانات: ملتصق بشيء، مثبت.

ADVENTITIOUS ROOT

جذر عرضي

جذر ينشأ من ساق أو ورقة.

MYCORRHIZA	جذر فطريات
	علاقة تكافلية لفطر مع جذور نباتات.
RADICLE	الجزء الجذري من جنين النباتات البذرية.
SPORE	جرثومة (بوغ)
	تركيب تكاثري لاجنسي، عادة وحيد الخلية يعمل على انتشار النوع و/أو يمكنه من تخطي الظروف غير المواتية، كما أنه ينمو ليعطي فرد جديد.
ZOOSPORE	جرثومة سابحة
	جرثومة لها أسواط وسابحة في وسط سائل. تنتج عن طريق التكاثر اللاجنسي.
MOLECULE	جزيء
	(من اللاتينية moles بمعنى كتلة) أصغر جزء مترابط تساهميا من عنصر أو مركب يحتفظ بخواص تلك المادة. مثال: H_2O ، O_2
MACROMOLECULE	جزيء كبير
	جزيء، له وزن جزيئي من عدة آلاف أو أكثر. البروتينات والأحماض النووية والسيليلوز والنشا من الجزيئات الكبيرة.
LATERAL GENICULATE BODY	جسم مرفقي جانبي
	واحد من زوج من مراكز المخ حيث تتلاحم نهايات الأعصاب البصرية مع الخلايا العصبية الرابطة المؤدية إلى القشرة البصرية.
ANTIBODY	جسم مضاد
	بروتين ينتجه الحيوان الفقاري يمكنه الاتحاد مع مادة دخيلة (أنتيجن) معينة.
GLYCOPROTEIN	جلايكوبروتين
	بروتين تتصل به تساهميا سكريات و/أو مواد عديدة التسكر.
ECTODERM	الجلد الخارجي
	الطبقة الخارجية من الخلايا في جنين الحيوان.
ENDODERM	الجلد الداخلي
	آخر طبقة داخلية من الخلايا في جنين الحيوان.
GLYCOLYSIS	الجلوكزة
	الهضم اللاهوائي للجلوكوز.

IMMUNOGLOBULIN

جلوبيولين مناعي

جزى. بروتين يعمل كجسم مضاد.

CLONE

جماعة أصلية

النسل الناتج عن طريق التكاثر اللاجنسي لخلية واحدة أو كائن واحد. تمتاز بتركيب وراثي متماثل.

BIOME

جماعة حيوية

جماعة نباتية وحيوانية يتجها ويحافظ عليها المناخ. فمنطقة الغابات الصنوبرية في أمريكا الشمالية (التايغا) تكون جماعة حيوية واحدة.

GENUS

جنس

فئة تصنيفية تضم (غالباً) عدة أنواع متقاربة جداً. الأجناس المتشابهة تنضم مع بعضها في فصيلة.

EMBRYO

جنين

حيوان أو نبات في طور مبكر من النشوء من زيجوت.

FETUS

جنين

حيوان نثدي لم يولد بعد وقد اكتمل معظم نموه التركيبي وتشكله (في الإنسان يحدث ذلك بعد ثلاثة أشهر من النشوء).

SYSTEM

جهاز

مجموعة أعضاء تعمل كوحدة واحدة على أداء وظيفة واحدة أو أكثر، مثل أعضاء الجهاز الهضمي.

INHIBITORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (IPSP)

جهد التثبيط

الاستقطاب الزائد الذي ينشأ في خلية عصبية نتيجة لوصول قدرة فعلية عند أطراف خلية عصبية أخرى متلاحمة معها.

EXCITATORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (EPSP)

جهد التهيج

الاستقطاب العكسي الجزئي الناشئ في خلية عصبية بوصول قدرة فعلية عند نهاية خلية عصبية أخرى متلاحمة معها.

REDOX POTENTIAL

جهد ريدوكس

مقياس بالفولت لآلفة المادة لللاكترونات بالمقارنة مع الهيدروجين (والمضبوطة عند الصفر). المواد ذات السالبية الكهربية (أي القادرة على الأكسدة) الأقوى من

المهيدروجين لها جهد ريدوكس موجب. المواد ذات السالبية الكهربية الأقل من المهيدروجين (أي القادرة على الاختزال) لها جهد ريدوكس سالب.

جهد نهاية اللوحة **END PLATE POTENTIAL (EPP)**

الاستقطاب الجزئي الناشئ داخل ليفة عضلية في منطقة اتصال نشاط عصبي عضلي.

الجينات المتضادة المتعددة **MULTIPLE ALLELES**

أكثر من زوج من الجينات المتضادة موجودة عند موقع جيني معين في عشيرة.

جين تركيبى **STRUCTURAL GENE**

تتابع من النيوكليوتيدات يحمل الشفرة لناتج جيني واحد، أي يتم نسخه الى جزئ من حامض RNA.

جين التشغيل **OPERATOR GENE**

جين يعمل على فتح و غلق الجينات التركيبية المجاورة له.

جين مضاد **ALLELE**

شكل بديل لجين قد يوجد عند موقع جيني معين.

الجين المنظم **REGULATOR GENE**

الجين المنتج للكابت.

حافظة جرثومية **SPORANGIUM**

تركيب تنشأ بداخله الجراثيم غير الجنسية.

حافة **THRESHOLD**

أدنى شدة لمنبه يستجيب لها تركيب.

حامض **ACID**

جزئ أو أيون يطلق بروتونات، عادة في الماء.

الحامض دي أوكسي ريبونوكليك **DEOXYRIBONUCLEIC ACID (DNA)**

حامض نووي موجود في الكروموسومات التي تحتزن المعلومات الوراثية للكائن.

حامض ريبونوكليك **RIBONUCLEIC ACID (RNA)**

حامض نووي يوجد في النواة وفي السيتوبلازم ويعمل في تخليق البروتين.

حامض نووي **NUCLEIC ACID**

بلمرة من النيوكليوتيدات، DNA و RNA.

حبل عصبي **NOTOCHORD**

قضيب طولي مرن يقع بين الجهاز العصبي المركزي والقناة الهضمية أثناء بعض أطوار النشو في جميع الحبلليات . وفي الفقاريات يحل محله عادة عمود من الفقرات .

TAXIS

حركة تلقائية

حركة تلقائية لكائن متحرك في اتجاه يحدده الانجذاب الذي يصيبه منه المنبه .

ALLERGY

حساسية

استجابة مناعية زائدة، أي زيادة حساسية لمادة دخيلة على الجسم (أنتيجين) .

CATALYST

حفّاز

مادة تسرع معدل التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أثناء هذه العملية .

FOSSIL

حفريّة

أي بقايا لكائن أو دليل محفوظ في التربة يدل على وجوده .

EUKARYOTE

حقيقي النواة

كائن يتميز بأن خلاياه تحتوي على نواة محاطة بغشاء . غالبا تكتب *eucaryote* .

STATOCYST

حويصلة توازن

عضو الاتزان الموجود في بعض اللافقاريات المائية .

PROTOZOAN

حيوان أولي

كائن حقيقي النواة وحيد الخلية، شاذ التغذية وغالبا متحرك . الأميبا مثال شائع .

MARSUPIAL

حيوان كيسبي

أي حيوان من رتبة الثدييات ذات الجيب مثل الكانجaro والأوبوسام والخفاش الكيسي .

OVIVIPAROUS

حيوانات بيوضة

حيوانات ذوات أجنة تنمو الى الطور البالغ بداخل جسم الأم بينما تؤمن غذاءها من البيضة بدلا من تأمينه من أنسجة الأم مباشرة مثل العديد من الحشرات والقواقع والأسماك والسحالي والثعابين .

IN VIVO

حيوي

(من اللاتينية: في الحياة) . تعبير يشير الى تجارب أجريت على كائن حي .

ECTOTHERM

خارجي الحرارة

حيوان يحافظ على حرارة جسمه بامتصاص الحرارة من الجو المحيط به .

PROBOSCIS

خرطوم

امتداد أنبوبي عند الطرف الأمامي للحيوان يستخدم عادة في التغذية.

XYLEM

خشب

نسيج وعائي ينقل الماء والمعادن الذائبة من الجذور الى أعلى وغالبا يدعم النبات أيضا.

VASECTOMY

خُصْصِي

الإزالة الجراحية لجزء من كل وعاء ناقل وذلك لمنع اضافة الحيوانات المنوية الى السائل المنوي.

B CELL

خلية ب

خلية نشطة مناعيا (خلية ليمفاوية) لاتعتمد في نشاطها على الغدة التيموسية. الخلايا المفرزة للأجسام المضادة (الخلايا البلازمية) تنشأ من الخلايا ب.

T CELL

خلية ت

خلية ليمفاوية تحتاج الى وجود الغدة التيموسية كي يكون لها نشاط مناعي.

INTERNEURON

خلية عصبية بينية

أي خلية يتم تنشيطها بواسطة خلايا عصبية أخرى ثم تقوم بدورها بتنشيط خلايا عصبية أخرى. في الفقاريات توجد معظم الخلايا العصبية البينية فقط في الجهاز العصبي المركزي. تسمى أيضا بالخلايا العصبية الرابطة.

YEAST

خميرة

فطر زق وحيد الخلية. أحد أنواع الخميرة يستخدم في صنع البيرة وعمل الخبز لكفائه في تخمر المواد الكربوهيدراتية الى كحول ايثيلي وثاني أكسيد كربون.

DALTON

دالتون

وحدة وزن تعادل $\frac{1}{12}$ من وزن ذرة الكربون ^{12}C .

ENDOTHERM

داخلي الحرارة

حيوان يحافظ على حرارة جسمه من الحرارة المتولدة من الأيض الداخلي له.

pH

درجة الحموضة

اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين (بالمول في اللتر) في المحلول. وهو مقياس لدرجة الحموضة والقلوية.

HUMUS

دوبال

مادة عضوية في التربة.

FLATWORM

دودة مفلطحة

أي عضو من قبيلة الديدان المفلطحة. منها الديدان الكبدية والديدان الشريطية والتربلاريانات.

PHOSPHOLIPID

دهن مفسفر

أحد مشتقات الدهون فيه يستبدل حامض دهني واحد بمجموعة فوسفات وبواحد من عدة جزيئات تحتوي على النتروجين.

SOLUTE

ذائب

مادة ذائبة في محلول

AUTOTROPHIC

ذاتي التغذية

قادر على تخليق مواد عضوية من مواد خام غير عضوية.

CHEMOAUTOTROPHIC

ذاتي التغذية الكيميائية

كائن ذاتي التغذية يستخدم الطاقة الناتجة من أكسدة بعض المواد غير العضوية. صفة مميزة لبعض أنواع البكتريا.

ATOM

ذرة

أصغر جزء من عنصر يمكنه أن يدخل في اتحاد مع عناصر أخرى.

POIKILOTHERMIC

ذوات الدم البارد

لها حرارة جسم تتأرجح مع حرارة الوسط المحيط بالجسم.

HOMEOTHERMIC

ذوات الدم الحار

لها حرارة جسمية ثابتة وأعلى من درجة الحرارة المعتادة للجو المحيط بها، لذلك تسمى ذوات الدم الحار.

ELECTRONEGATIVE

ذو سالبية كهربية

له تمجارب مع الاليكترونات.

IONIC BOND

رابطة أيونية

رابطة كيميائية تنشأ بين أيونات ذات شحنة مختلفة.

COVALENT BOND

رابطة تساهمية

رابطة كيميائية تتكون بواحد أو أكثر من أزواج الاليكترونات المشاركة.

CEPHALOTHORAX

الرأس الصدري

- الرأس الملتحمة بالصدر والموجودة في العنكبوتيات والكثير من القشريات.
- RHIZOBIUM** رايزوبيوم
بكتيريا التربة المنتمة الى جنس هذا الاسم وهي قادرة على تثبيت النتروجين بعد اقامة علاقة تكافلية مع جذر نبات بقولي.
- NECTAR** رحيق
محلول سكري تفرزه النباتات ويصنع النحل منه العسل.
- REM (ROENTIGEN EQUIVALENT MAN)** رونتجين مكافئ رجل
كمية الأشعاع الممتص التي تسبب ضررا لأنسجة الانسان يكافئ الضرر الذي يحدثه رونتجن واحد من الأشعة السينية.
- RIBONUCLEOPROTEIN** ريبونوكليوبروتين
مركب معقد من الحامض RNA والبروتين.
- PLUMULE** الريشة
البرعم الطرفي لجنين النبات ، عادة تتكون من أوراق جنينية والسويقة الجنينية العليا.
- HYPERTONIC** زائد التوتر
تركيز الماء به أقل من تركيز الماء في المحلول الذي يقارن معه.
- MONOCULTURE** زراعة أحادية
زراعة مساحات كبيرة بنوع واحد من المحاصيل النباتية.
- ZYGOTE** زيجوت
خلية تتكون نتيجة اتحاد مشيجين.
- INTERSTITIAL FLUID** السائل البين خلوي
السائل المستخلص من الدم ويوجد بين خلايا الحيوانات ومن ثم فهي تكون مغمورة فيه . يتنح الليمف من هذا السائل .
- EXTRACELLULAR FLUID (ECF)** السائل المحيط بالخلية
السائل الذي تكون الخلايا مغمورة فيه .
- STEROID** ستيرويد
أحد المركبات العديدة القابلة للذوبان في الدهون والنشطة حيويًا وتحتوي جزيئاتها على نظام من أربعة حلقات بها ١٧ ذرة كربون (أنظر الشكل ٤-٨).
- CANCER** سرطان

أي من مجموعة من الأمراض التي تتميز بتكاثر للخلايا لا يمكن التحكم فيه.

LEUKEMIA

سرطان الدم

سرطان يتميز بزيادة غير محكومة في عدد خلايا الدم البيضاء.

CARCINOGENIC

سرطاني (أو مسرطن)

مادة مسببة للسرطان

CALORIE

سعير

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية. عندما تكتب بحروف كبيرة فهي تعني وحدة حرارية مساوية لألف ضعف من الوحدة السابقة.

PENTOSE

سكر خماسي

سكر يحتوي على خمس ذرات كربون مثل الريبولوز.

HEXOSE

سكر سداسي

سكر يحتوي على ست ذرات كربون. الجلوكوز سكر سداسي.

SCLERENCHYMA

سكلرنشيمة

نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا ذات جدر منتظمة التغليف وغالبا ملجئة.

DIAPAUSE

السكون

فترة كمون، تحدث عادة في الحشرات.

FOOD CHAIN

سلسلة غذائية

تابع من الكائنات فيه كل كائن يستخدم الذي يسبقه في التتابع كمصدر للغذاء وهو بدوره يؤكل بواسطة الكائن الذي يليه.

TOXIN

سم

من نواتج الأيض (عادة بروتين) لكائن حي ويكون ساما لكائن حي آخر.

SOMITE

سوميت

إحدى كتل الميزودرم التي تنشأ في سلسلة طولية على كل من جانبي الحبل الشوكي في أجنة الفقاريات.

HYPOTOCTYL

السويقة الجنينية السفلي

الجزء من الساق الجنينية للنبات أو من البادرة الواقع أسفل العقدة التي تتصل عندها الفلقات.

EPICOTYL	السويقة الجنينية العليا
	الجزء من ساق جنين النبات أو البادرة الموجود فوق العقد التي تتصلب عندها الفلقات ببعضها البعض .
CODOMINANCE	السيادة المتكافئة
	التعبير المستقل لكل من الجينين المتضادين في الفرد متباين اللاحقة .
CYTOPLASM	السيتوبلازم
	اصطلاح عام لكل محتويات الخلية خارج النواة ودخل غشاء الخلية .
CYTOSOL	سيتوسول
	السائل الذي تعلق فيه عضيات السيتوبلازم . يسمى أيضا هياوليازوم أو المادة الأساسية .
CYTOCHROME	سيتوكروم
	واحد من العديد من البروتينات المحتوية على حديد، موجود في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء وهي التي تقوم بنقل الإلكترونات في عمليتي التنفس الخلوي والبناء الضوئي على التوالي .
CYTOKININ	سيتوكينين
	واحد من مجموعة من المركبات المحتوية على أدنين وتحفز عملية الانقسام غير المباشر في النباتات .
RECAPITULATION	السيرة التطورية
	وجود أطوار في النشوء الجنيني للفرد يظن أنها كانت موجودة في النشوء الجنيني لأسلافه .
SYSTOLE	سيستول
	طور من أطوار انقباض القلب .
SYNDROME	سيندروم
	(من اليونانية بمعنى توليفة) . مجموعة الأعراض والعلامات المميزة لمرض معين .
SUBERIN	سيوبرين
	مادة شمعية توجد في جدر خلايا الفلين فتجعلها غير منفلة للماء .
CHAPARRAL	شابارال
	الغابة الشجرية الموجودة في جنوب كاليفورنيا .
HETEROTROPHIC	شاذ التغذية

CHALONE	يتطلب مدد من المواد العضوية (طعام) من البيئة . شالون
TOXOID	مادة يفرزها النسيج لمنع الانقسام غير المباشر في هذا النسيج . شبة سم سم معالج بحيث يفقد خواصه السامة ولكن يبقى قادرا على تنبيه عملية انتاج الأجسام المضادة .
ISOMER	شبيه جزئيء له نفس الصيغة الجزيئية لجزئء آخر ولكن بصيغة تركيبية مختلفة، مثل الجلوكوز والفركتوز.
HOMINID	شبيه الانسان مخلوق يشبه الانسان - على خلاف مخلوق يشبه القرد .
DENDRITE	شجيري امتداد متفرع وعادة قصير من الخلية العصبية تنشأ فيه القدرة المحركة .
PIGMENT	صبغة مادة تمتص الضوء، غالبا انتخايبا .
PHONEME	صوت أساسي أحد الأصوات الأساسية التي يتكون منها الكلام .
ENERGY	طاقة القدرة على أداء عمل .
SUBSTRATE	طبقة تحتية (١) مادة يعمل عليها انزيم، (٢) قاعدة (مثل تربة أو صخرة) يعيش عليها كان حي . تسمى أيضا substratum .
CYANOBACTERIA	طحالب زرقاء طحالب خضراء مزرققة .
GENOTYPE	طراز جيني التكوين الوراثي للفرد
ALGA	طحلب كائن يستطيع أن يقوم بعملية البناء الضوئي . يشبه النبات، وعادة يوجد ناميا في

- الأماكن المائية أو الرطبة .
- PEHNOTYPE** طراز مظهري
- مظهر الكائن الحي ، وهو ناتج عن التفاعل بين طرازه الجيني والبيئة التي يعيش فيها .
- KARYOTYPE** الطراز النووي
- كل مجموعة الكروموسومات الموجودة في خلية .
- EXOCYTOSIS** الطرد الخلوي
- تفريغ المواد المحصورة في فجوات من الخلية عن طريق التحام غشاء الفجوة مع غشاء الخلية .
- SCION** طعم
- جزء مقطوع من نبات مثل قطعة من ساق يطعم على نبات آخر .
- MUTATION** طفرة
- تغير ثابت موروث في جين .
- PARASITE** طفيل
- كائن حي يعيش على أو في داخل كائن حي آخر ويعتمد منه غذاءه ويسبب له بعض الضرر .
- BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)** الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين .
- الأكسجين المطلوب (بالمليجرام / لتر أو بالجزء في المليون) للبكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة لأكسدة المادة العضوية الموجودة في عينة ماء مثل الماء الملوث بالمجاري . يسمى أيضا بالطلب الحيوي للأكسجين .
- SPOROPHYTE** الطور الجرثومي
- مرحلة في دورة حياة النبات يكون فيها ثنائي العدد الكروموسومي ومنتج للجراثيم .
- GAMETOPHYTE** طور مشيجي (أو جاميطي)
- مرحلة في دورة حياة النبات تكون أحادية العدد الكروموسومي ومنتجة للأشجار .
- ABSORPTION SPECTRUM** طيف الامتصاص
- الطيف الكهرومغناطيسي الذي تعتبر شدته عند كل طول موجة مقياسا لكمية الطاقة عند طول الموجة التي مرت خلال مادة تم اختيار درجة امتصاصها .
- ACTION SPECTRUM** طيف الفعل
- معدل نشاط فسيولوجي مرسوم بيانيا في مقابل طول موجة الضوء .

PRIMARY HOST	عائل ابتدائي
	العائل الذي يستخدمه عادة الطفيل أثناء الطور البالغ من دورة حياته .
INTERMEDIATE HOST	عائل وسيط
	عائل يستخدمه الطفيل عادة خلال طور غير بالغ أو طور يرقى في دورة حياة العائل .
GYMNOSPERMS	عاريات البذور
	النباتات الوعائية المتتجة للبذور والتي لا توجد بدورها داخل مبيض . تشمل الصنوبريات والسيكادات وأشجار المعبد .
POLYPEPTIDE	عديد الببتيد
	جزء يتكون من أقل من مائة حامض أميني مرتبطة مع بعضها في سلسلة واحدة .
POLYSACCHARIDE	عديد السكر
	مادة كربوهيدراتية (مثل النشا والسيليلوز) تتكون من ثلاثة أو أكثر من أحاديات السكر المرتبطة مع بعضها .
PUPA	عذراء
	طور (عادة ساكن) بين اليرقة والطور البالغ للحشرات ذات التطور الكامل .
HERBACEOUS	عشبي
	غير خشبي .
POPULATION	عشيرة
	جميع أفراد النوع الواحد الموجودون في منطقة محددة .
ORGAN	عضو
	مجموعة من الأنسجة تؤدي وظيفة معينة للحيوان أو النبات ، مثل المعدة والورقة .
ORGANIC	عضوي
	لفظ يصف كل المركبات التي تحتوي جزيئاتها على الكربون مع استثناءات قليلة مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات .
ORGANELLE	عضية
	جزء متخصص من خلية . مثل الفجوة القابضة . مكافئ للعضو .
NERVE	عصب
	حزمة من الأكسونات .
AXON	عصب طويل (أكسون)

امتداد فردي لخلية عصبية (عادة طويل وغالبا متفرع)، والذي يقود النبضات العصبية بعيدا عن الأفرع العصبية القصيرة الشجرية.

OSSICLE

عظمة صغيرة

عظمة صغيرة مثل تلك التي تنقل الذبذبات عبر الأذن الوسطى.

NODE

عقدة

في النباتات، هي المكان من الساق الذي تنشأ عنده ورقة أو أكثر.

GANGLION

عقدة عصبية

كتلة صغيرة من النسيج العصبي تحتوي على أجسام الخلايا العصبية.

ECOLOGY

علم البيئة

دراسة العلاقات المتداخلة بين الكائنات وبيئتها.

ZOOLOGY

علم الحيوان

دراسة الحيوانات.

MORPHOLOGY

علم الشكل الخارجي

دراسة تركيب الكائنات

BOTANY

علم النبات

دراسة النباتات.

PHYSIOLOGY

علم وظائف الأعضاء

دراسة العمليات التي تحدث في الكائنات الحية.

ELEMENT

عنصر

أي واحد من حوالي مائة مادة تتكون كل منها من نوع واحد فقط من الذرات ولا يمكن

تحللها إلى مواد أبسط.

MULTIPLE FACTORS

عوامل متعددة

جينات غير متضادة تؤثر في نفس الصفة بطريقة تجمعية.

INTROGRESSION

غرس

ادخال جينات من أحد الأنواع في بحيرة الجينات الخاصة بنوع آخر.

COLLOID

غروي

مادة يتراوح حجم دقائقها (أي جزيئات كبيرة أو تجمعات من جزيئات صغيرة) بين ١

نانومتر ومائة نانومتر.

MYCELIUM	غزل فطري
	كتلة الخيوط المتداخلة التي يتكون منها الفطر.
COLEOPTILE	غمد الريشة
	غمد يوجد حول الريشة في بادرات النجيليات.
MYELIN SHEATH	غمد المايلين
	غلاف دهني موجود حول العديد من الأعصاب.
INORGANIC	غير عضوي
	لفظ يصف كل المركبات التي لا تحتوي على الكربون وكذلك عدد قليل من المركبات البسيطة التي تحتوي على الكربون مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات.
GILL SLITS	فتحات خيشومية
	فتحات مزدوجة من البلعوم الى الخارج توجد في العديد من الحبيبات المائية عندما تفتح الجيوب الخيشومية عند الأخاديد الشعبية.
LATENT PERIOD	فترة السكون
	الفترة الفاصلة بين استخدام منبه وإكتشاف أول إستجابة له.
REFRACTORY PERIOD	فترة عدم الإستجابة
	فترة وجيزة تتبع استجابة خلية عصبية أوليفة عضلية تكون أثناءها غير قادرة على استجابة ثانية.
SYNAPSE	فجوة عصبية
	فجوة بين خليتين عصبيتين ينتقل عبرها النبض العصبي.
PSEUDOCOEL	فراغ كاذب
	فراغ جسم يوجد في بعض الحيوانات مثل الديدان الأسطوانية بين جدار الجسم (الميزودرم) لاتبطنه طبقة من الخلايا الميزودرمية كما في الفراغ الحقيقي.
ARCHENTERON	الفراغ الوسطي للانبعاج الجنيني
	التجويف المركزي للانبعاج (جاسترولا) في الجنين، والذي سيصبح فيما بعد القناة الهضمية.
ALLOSTERIC	فراغي مغاير
	تطلق على تغير في خواص (ربما أيضا في شكل) بروتين يتبع ارتباط جزيء صغير بموقع على البروتين بدلا من موقعه النشط.
NONDISJUNCTION	فشل الانفصال
	فشل كروموسومين متماثلين في الانفصال أثناء الانقسام الاختزالي.

CHROMATOGRAPHY

الفصل اللوني

عملية فصل مكونات مزيج باستخدام الإدمصاص التفاضلي لهم على قالب غير ذائب مثل الورق عندما يمر هذا المزيج خلال هذا القالب .

FUNGUS

فطر

كائن بسيط غير متحرك لايقوم بالبناء الضوئي وحقيقي النواة . يعيش مترمما أو متطفلا . من أمثله العفن والخثائر وعيش الغراب وغيرها .

FLAVIN

فلافين

صبغة صفراء عندما تتحد مع بروتين تنقل اليكترونات الى السيستوكرومات .

FLORA

فلورة

الحياة النباتية في بيئة معينة .

VERTEBRATE

فقاري

حيوان له عمود فقري . يشمل الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات .

FOVEA

فوفيا

انخفاض ضحل في الشبكية لايمتوي على قضبان أو أوعية دموية ولكنه غني بالمخاريط ويمد الحيوان بأدق رؤية .

FAUNA

فونا

الحياة الحيوانية في بيئة معينة .

VITAMIN

فيتامين

مركب عضوي يحتاج اليه الكائن بكميات ضئيلة في ايضه ولا يستطيع تخليقه من المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات الموجودة في غذائه .

BACTERIOPHAGE

فيروس بكتيري

فيروس يصيب البكتيريا .

PHEROMONE

فيرومون

مركب يفرز خارجيا بواسطة الحيوان ويؤثر على أفراد آخرين من نفس النوع .

VIRION

فيريون

ذئقة فيروسية كاملة تتكون من مادة وراثية (الحامض DNA ، الحامض RNA) ومغاطة بغلاف بروتيني (وأحيانا مواد أخرى كذلك) .

FLEXOR	قابض عضلة تعمل على ثني الأطراف.
BASE	قاعدة جزء أو ذرة يمكنها أخذ بروتون من حامض.
PHYLUM	قبيلة فئة تصنيفية رئيسية تضم صف واحد أو أكثر. في تصنيف النباتات غالباً يستخدم اللفظ قسم بدلاً من قبيلة.
GENERATOR POTENTIAL	القدرة المولدة تيار ضئيل ينشأ عبر غشاء خلية مستقبلية تم تنبيهها. تزداد قوته تبعاً لقوة المنبه وعند مستوى معين (مستوي الحافة) يتسبب في بدء نبض عصبي أو أكثر في خلية عصبية مجاورة.
PROXIMAL	قريب يوجد بالقرب من مكان المنشأ أو مكان الاتصال.
CHORION	قشرة غشاء جنيني إضافي في الزواحف والطيور والثدييات يغلف الجنين كما يساهم في تكوين المشيمة في الثدييات.
CORTEX	قشرة الجزء الخارجي للعضو
LITHOSPHERE	القشرة الأرضية الصخور والمواد الصلبة الأخرى التي تكون قشرة الأرض.
POLARITY	قطبية التوجيه الأمامي - الخلفي الذاتي في كائن والذي يبدو أنه مسئول عن تجدد الأجزاء المفقودة من الجسم (كما في البلاتاناريان) بطريقة مناسبة لبقية أجزاء الجسم.
SARCOMERE	قطعة عضلية الوحدة المنقبضة المتكررة في الليفة العضلية. وتكون محدودة عند كل من طرفيها بخط (Z).
PROGLOTTID	قطعة لسانية أحدى قطع الدودة الشريطية.

ORGANISM	كائن حي كائن حي مفرد .
MICRO ORGANISM	كائن دقيق كائن دقيق الحجم مثل البكتيريا والحيوانات الأولية والكثير من الطحالب . يسمى أيضا ميكروب .
REPRESSOR	الكابت بروتين يوقف فعل الجين باتحاده مع جين فعال .
CARCINOMA	كارسينوما سرطان الخلايا الطلائية .
HYDROPHOBIC	كاره للماء لفظ يستخدم لوصف الجزيئات او مجموعات الجزيئات التي تمتزج بقله مع الماء . الهيدروكربونات والدهون مواد كارهة للماء .
CHITIN	كايتين مادة عديدة التسكر تحتوي على النروجين وهي تكون الهيكل الخارجي لفصليات الأرجل وجدر خلايا العديد من الفطريات .
BIOMASS	الكتلة الحيوية كل كمية المادة الحية في عشيرة معينة من الكائنات .
CARBOHYDRATE	كربوهيدرات مركب عضوي من الكربون ، الهيدروجين ، والأكسجين ، عادة بنسبة ١:٢ ذرات هيدروجين الى ذرات أوكسجين .
CHROMATIDA	كروماتيدة كل من خيطي كروموسوم مزدوج (كروماتيدات أختية) طالما بقيتا ملتصقتان ببعضهما عن طريق القطعة المركزية المشتركة بينهما .
CHROMATIN	كروماتين الكروموسومات المنتشرة الموجودة في أنوية حقيقيات النواة أثناء الطور البيني .
CHROMOSOME	كروموسوم (صبغي) تركييب مستطيلة في نواة الخلية تحتوي على الحامض DNA وبروتين وتحمل الجينات . وعدد الكروموسومات في النواة عادة ثابت بالنسبة للنوع .

AUTOSOME

كروموسوم جسيمي

أي كروموسوم غير كروموسومات الجنس .

POLYTENE

الكروموسوم العملاق

كلمة تستخدم لوصف الكروموسوم العملاق متعدد الخيوط الموجود في خلايا معينة نشيطة أيضا في الحشرات .

CHLOROPHYLL

كلوروفيل (مخضور)

الصبغة الخضراء المستخدمة في البناء الضوئي .

CNIDARIA

كنيداريا

قبيلة الحيوانات التي تضم الهيدرا والأسماك الهلامية وأنيمونات البحر والمرجانيات . كانت من قبل تسمى الجوفمعويات .

CODON

كودون

القواعد الثلاث المتجاورة في جزء الحامض DNA أو الحامض mRNA والتي تحمل شفرة حامض أميني معين .

COLLENCHYMA

كولنشيمية

خلايا كولنشيمية . توجد في نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا حية ذات جدر سمكية عند الأركان . توجد غالبا في السوق الصغيرة النامية وفي أعناق الأوراق .

CHOLESTEROL

كوليسترول

أكثر استيرويد وجودا في جسم الانسان . وربما يستخدم كمادة بداية لتخليق الاستيرويدات الاخرى الموجودة في الجسم .

CHOLINESTERASE

كولين استيريز

انزيم يعمل على تدمير الأسيتايل كولين وبذلك يفقده فاعليته .

NICHE

كوة

(من اللاتينية **nidus** بمعنى عش) . الموقع الذي يشغله نوع معين من مجتمع حيائي من حيث علاقته بالأنواع الأخرى .**CHIASMA**

كيازما

اتصال كروماتيدتين غير أختين في مزدوج كروموسومي ويرى لأول مرة في المرحلة الانفرাজية من الطور التمهيدي الأول للانقسام الاختزالي . كل كيازما تؤدي الى تبادل المادة الوراثية بين الكروماتيدات غير الأختية ، أي الى العبور . جمع كيازما هو كيازماتا .

ASCUS	كيس زقي
	حافطة جرثومية أنبوبية في الفطريات الزقية تحوى عادة ثنائية جراثيم زقية .
KININ	كينين
	واحد من مجموعة من عديدات الببتيد تنتج في الدم أو في الأنسجة وتعمل على توسيع الأوعية الدموية وتحديث الألم المصاحب للالتهاب .
CUTIN	كيوتين
	مادة شمعية
INVERTEBRATES	لافقاري
	حيوان ليس له عمود فقري .
LACTOSE	لاكتوز
	سكر ثنائي (سكر اللبن) يتما ليغطي جزى، جلوكوز وجزى، جالاكتوز .
ANAEROBIC	لاهوائي
	لا يحتاج لوجود أكسجين حر .
LIGNIN	لجنين
	مادة معقدة توجد في جدر الخلايا الاسكلرنشيمية والخشب فتعمل على تقويتها .
PHLOEM	لحاء
	نسيج وعائي معقد في النباتات ينقل الغذاء الى كل أجزاء النبات .
VACCINE	لقاح
	مخضّر من كائن مسبب للمرض ميت أو ضعيف عند حقنه في الجسم ينبه انتاج الأجسام المضادة دون أن يسبب ظهور أعراض المرض .
LIPASE	ليبيز
	انزيم يهضم الدهون
LYSOGENY	ليسوجينية
	الاندماج المستقر لبروفاج في المجموعة الجينية لبكتيريا .
LYMPH	ليمف
	سائل موجود في أوعية الجهاز الليمفاوي . ينتج الليمف من السائل البين خلوي ويحتوي على الكثير من الخلايا الليمفاوية .

METABOLITE	مادة أيضية مادة تستخدم في أو تنتج من أيض الكائن الحي .
MATRIX	مادة بين خلوية المادة البين خلوية التي تحيط بخلايا الحيوان وخاصة خلايا النسيج الضام .
REACTANT	مادة متفاعلة مادة تدخل في تفاعل كيميائي .
GENETIC MOSAIC	مبرقش وراثي فرد مكون من خلايا بها أكثر من طراز جيني واحد .
HETEROZYGOUS	متباين اللاتحة به جينان متضادان مختلفان مثل (a, A) عند الموقعين الجينيين المتقابلين على كروموسومين متشابهين .
SAPROPHYTE	مترمم نبات (أو فطر) شاذ التغذية يؤمن غذاءه بالمضم خارج الخلايا للمواد العضوية غير الحية .
ANALOGOUS	متشابهة في الأداء لوصف الأعضاء في الأنواع المختلفة . فهي لها نفس الوظيفة . ولكن لها تركيب ونشوء جنيني مختلف .
ISOTONIC	متعادل التوتر (١) لفظ يصف انقباض العضلة التي يسمح لها بتناقص طولها كلما بذلت جهد ثابت ، (٢) له نفس تركيز الماء مثل المحلول الذي يقارن به .
ENDOSYMBIONT	متكافل داخلي كائن حي يعيش بداخل جسم شريكه الذي يتبادل معه المنفعة .
HOMOZYGOUS	متماثل اللاتحة به جينان متضادة متماثلة (مثل AA أو aa) ، عند المواقع الجينية المتقابلة على الكروموسومات المتماثلة .
HOMOLOGOUS	متماثلة (نقال للأعضاء في الأنواع المختلفة) . تظهر تشابه أساسي في التركيب والنشوء الجنيني والقريب .

COMMUNITY	مجتمع
تعداد من النباتات والحيوانات والميكروبات الموجودة في منطقة معينة وغالبا تنمو متفاعلة مع بعضها البعض .	
CLOACA	المجمع
الجزء الأخير من القناة الهضمية والتي تقذف فيه القنوات البولية والتناسلية محتوياتها في الطيور والزواحف والبرمائيات والكثير من الأسماك .	
GENOME	مجموعة جينية
مجموعة كاملة من الجينات (أحادية العدد الكروموسومي) .	
PROSTHETIC GROUP	مجموعة فعالة
الجزء غير البروتيني من بروتين مقترن . أيونات المعادن والكثير من الجزيئات العضوية (مثل الفيتامينات والسكريات والدهون) تستطيع أن تعمل كمجموعات فعالة . عادة ترتبط بالمجموعات الفعالة مع بروتينها تساهميا .	
HYDROPHILIC	محب للماء
لفظ يستخدم لوصف جزيئات أو مجموعات الجزيئات التي تنجذب الى الماء والمذيبات القطبية الأخرى .	
ANTIGENIC DETERMINANT	المحدد الانتيجيني
أي جزء من انتيجن يتحد مع الموقع النشط للجسم المضاد .	
RELEASER	المحرر
منه يبدأ السلوك الغريزي .	
SOLUTION	محلول
مزيج يتكون من جزيئات أو أيونات يقل قطرها عن نانومتر واحد وتكون معلقة في وسط سائل (هو الماء في معظم الأجهزة الحيوية) .	
IN VITRO	مخبري
(من اللاتينية : في الزجاج) . تمت تجربته في أنبوبة الاختبار .	
ANESTHETIC	مخدر
مادة تسبب فقد الاحساس .	
STROBILUS	مخروط
تجمع لأوراق متحورة تحمل حوافظ جرثومية، يسمى أيضا cone .	

STOLON	مداد
	ساق يتمدد أفقياً وينتج نباتات جديدة عند عقده.
COENOCYTE	مدمج خلوي
	كتلة من السيتوبلازم تحتوي على العديد من الأنوية تنشأ من الانقسام المتكرر لنواة خلية واحدة دون أن ينقسم السيتوبلازم الموجود بها.
SYNCYTIUM	مدمج خلوي
	كتلة من السيتوبلازم تحتوي على عديد من الأنوية وتتكون نتيجة لاندماج خلايا.
SOLVENT	مذيب
	الوسط الذي يذيب المواد في المحلول.
COREPRESSOR	مرافق الكابت
	جزء صغير يتحد مع جزء كابت لتعطيل عمل الجين.
COENZYME	مرافق انزيمي
	مركب عضوي عندما يتحد مؤقتاً مع انزيم يجعله نشطاً.
AUTO - IMMUNE DISEASE	مرض ذاتي المناعة
	مرض يتميز بتكوين استجابة مناعية ضد مكونات أنسجة الفرد ذاته.
COMPOUND	مركب
	مادة يمكن تحليلها الى مواد أبسط. توجد العناصر في المركب بنسب وزنية محددة.
AMPHIPHILIC	مزدوج المحبة للماء
	صفة لوصف الجزيئات التي تحتوي على كلا المجاميع القطبية (المحبة للماء) وغير القطبية (الكارهة للماء). استتيارات الصوديوم (الصابون) هي جزيء مزدوج المحبة للماء.
MIXTURE	مزيج (مخلوط).
	مادة تحتوي على مادتين أو أكثر تحتفظ كل منها بخواصها المميزة. تركيب المخلوط متغير. المحلول هو مزيج.
PATHOGEN	مسبب المرض
	كائن أو فيروس يسبب المرض.
HALLUCINOGEN	مسبب الهلوسة
	مادة تسبب الهلوسة
EMULSION	مستحلب

- مزيج مكون من قطرات محلول معلقة في محلول آخر.
- TROPHIC LEVEL** مستوى غذائي
- موقع في السلسلة الغذائية مثل المستهلك الابتدائي، المستهلك الثانوي، الخ.
- ONCOGENIC** مسرطن
- مسبب السرطان.
- COMMENSALISM** مشاركة غذائية
- علاقة حية وثيقة بين نوعين. أحدهما يستفيع من الآخر دون أن يؤذي أو يفيد.
- GAMETE** مشيج (جاميطة)
- خلية تناسلية وحيدة العدد الكروموسومي تؤدي الى نشوء فرد جديد بعد اتحادها مع مشيج آخر.
- SERUM** مصل
- السائل الشفاف الذي يمكن ضغطه للخارج من جلطة دموية، أي بلازما الدم بعد استبعاد الفبرينوجين وعوامل التجلط الأخرى منها.
- ANTITOXIN** مضاد للسم
- مزيج من الأجسام المضادة تكونت استجابة لمادة سامة.
- ANTICODON** مضاد للشفرة
- مجموعة من ثلاث قواعد متجاورة على الجزيء الناقل RNA الذي يتزاوج مع شفرة مكملة على جزيء الرسول RNA.
- SUSPENSION** معلق
- مزيج يحتوي على دقائق صلبة أكبر من مائة ميكرون وموزعة في كل أنحاء سائل. في النهاية تستقر هذه الدقائق في القاع تحت تأثير الجاذبية.
- ARTHROPOD** مفصلي الأرجل
- عضو في إحدى قبائل الحيوانات اللاقفارية التي تتميز بأرجلها المفصليّة وهيكلها الخارجي. تضم الحشرات والعنكبوتيات والقشريات.
- NEUROHUMOR** مكيف عصبي
- مادة يتم إفرازها عند نهايات خلية عصبية وتنبه أو تثبط الخلية العصبية التالية أو ليفة عضلية. الاستيتالين كولين والنور أدرينالين هما مكيفان عصبيان هامان.

IMMUNITY

مناعة

حالة استجابة شديدة لشكل جزيئي معين (مثلا، الموجود على سطح بكتيريا غازية) تنتج عن تعرض سابق لهذا الشكل. ربما كانت موجودة فقط في الفقاريات.

CELL - MEDIATED IMMUNITY

مناعة بواسطة الخلايا

استجابة مناعية (مثل رفض الطعم) تعتمد على وجود خلايا ليمفاوية حسية معينة (أي قدرة على التعرف على أنتيجن معين).

STIMULUS

منبه

تغير في بيئة كائن يتسبب في بدء استجابة.

PRODUCER

منتج

كائن يستطيع تخليق جزيئات عضوية من جزيئات غير عضوية، أي ذات التغذية. المنتجون يبدأون السلاسل الغذائية.

PRIMARY TRANSCRIPT

المسوخ الابتدائي

الجزء الأصلي من الحامض RNA الذي تم تخليقه بواسطة نسخ الجين في حقيقيات النواة. جزء الحامض mRNA يتم تجهيزه منه.

PRECURSOR

منشئ

مادة تتكون منها مادة أخرى.

INDUCER

منشط

جزء، ينشط الجينات ربما عن طريق اعتراض عمل الجزيء الكابت.

TRANQUILIZER

مهدئ

عقار يستخدم لتقليل القلق أو المنفصات العاطفية الأخرى. المهدئات الرئيسية (مثل الكلوروبرومازين) تستخدم لتهدئة مرضى الأمراض العقلية، المهدئات الصغرى مثل (ميروبيامت) تستخدم على نطاق واسع لتقليل القلق والتوتر.

EFFECTOR

المؤثر

تركيب جسامي يعمل به الكائن. في الانسان تكون المؤثرات الرئيسية هي العضلات والغدد.

HABITAT

موطن

نوع المكان الذي يعيش فيه الكائن عادة.

GENE LOCUS	موقع جيني
	مكان لجين معين (أو أحد الجينات المضادة له) على الكروموسوم .
MOLE	مول
	كمية من مادة وزنها بالجرام يساوي عدديا الوزن الجزيئي للمادة . مثال ١٨ جرام من الماء تساوي ١ مول .
METASTASIS	ميتاستازيس
	نمو ثانوي للخلايا الخبيثة بعيدا عن موقع الورم الأولي .
MEDUSA	ميدوسا
	شكل من أشكال الأسماك الهلامية موجود في دورة حياة بعض الكنيداريات .
MESOGLEA	ميزوجلليا
	طبقة هلامية توجد بين طبقتي الخلايا في الاسفنجيات والكنيداريات .
MESODERM	ميزودرم
	طبقة من الخلايا في جنين الحيوان توجد بين الجلد الخارجي والجلد الداخلي .
HYPOTONIC	ناقص التوتر
	يحتوي على تركيز من الماء أعلى من تركيز الماء في السائل رهن المقارنة .
VECTOR	ناقل للمرض
	حيوان مثل حشرة ينقل الطفيليات .
CONIFER	نبات مخروطي
	من عاريات البذور ويحمل مخاريط . يشمل الصنوبريات والتنوب وغيرها .
EPIPHYTE	نبات معلق
	نبات ينمو بالكامل على نبات آخر كمكان ودعامة فقط .
TRACHEOPHYTE	نبات وعائي
	نبات به جهاز وعائي من خشب ولحاء . يشمل جميع النباتات ما عدا الخزازيات وأقاربها .
TRANSPIRATION	نتح
	تبخر الماء من النباتات .
MEDULLA	النخاع
	الجزء الداخلي للعضو .

DEAMINATION	نزع أمين نزع مجموعة أمين (NH_2) من مركب.
DECARBOXYLATION	نزع الكربوكسيل نزع ثاني أكسيد الكربون من مجموعة الكربوكسيل في حامض عضوي.
DENTRIFICATION	نزع النتروجين اختزال النترات الى نتروجين (N_2)
TRANSCRIPTION	النسخ تخليق تتابع من الريبونوكليوتيدات المكمل لتتابع دى أوكسي ريبونوكليوتيدات في جزىء الحامض DNA.
TISSUE	نسيج تجمع لخلايا ترتبط مع بعضها بجدر خلوية (في النباتات) أو بوسط بين خلوي (في الحيوانات) وتؤدي وظيفة معينة.
MERISTEM	نسيج انشائي نسيج نباتي جنيني يتبع خلايا جديدة عن طريق تكرار الانقسام غير المباشر.
ONTOGENY	النشوء عملية نشوء كائن مفرد
MORPHOGENESIS	النشوء الشكلي نشوء شكل الجسم.
ECOSYSTEM	نظام بيئي جماعة من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع الكائنات غير الحية المحيطة بها.
ISOTOPE	نظير ذرة تختلف في الوزن عن بقية ذرات نفس العنصر بسبب اختلاف عدد النيوترونات في نواتها.
ENANTIOMORPH	نظير شكلي أحد نظرين ضوئيين كلاهما صورة في المرآة للآخر. يسمى أيضا قطعة منظرية.
NEPHRON	نفرون وحدة وظيفية في كلية الحيوانات الفقارية.
TRANSLOCATION	نقل

(١) نقل مواد من أحد أجزاء نبات الى جزء آخر.

(٢) نقل قطعة من كروموسوم الى كروموسوم آخر غير متشابه.

ACTIVE TRANSPORT

النقل النشط

نقل مادة خلال غشاء خلية من منطقة ذات تركيز منخفض الى منطقة ذات تركيز مرتفع. يحتاج الى طاقة.

NEKTON

نكتون

حيوانات تسبح بنشاط في الماء.

GROWTH

نمو

زيادة في حجم الكائن ناتجة عن زيادة في عدد خلاياه أو في حجمها أو في كمية المادة البين خلوية أو في كل هؤلاء.

AMINO TERMINAL

نهاية أمينية

نهاية سلسلة عديدة الببتيدات لها مجموعة أمينية حرة ($-NH_2$) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. يبدأ تخليق السلاسل عديدة الببتيدات من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

CARBOXYL TERMINAL

النهاية الكربوكسيلية

نهاية سلسلة عديدة الببتيد بمجموعة حرة من الكربوكسيل ($-COOH$) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. تخليق عديد الببتيد يتقدم من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

PRONUCLEUS

نواة أولية

نواة الحيوان المنوي ونواة البضة في البضة المخصبة قبل اندماجهما لتكوين الزيجوت ثنائي العدد الكروموسومي.

SPECIES

نوع (أنواع)

(من اللاتينية: بمعنى نوع) فئة تصنيفية تتكون من مجموعة من العشرات التي تتزاوج أو يمكن أن تتزاوج فيما بينها وإن كانت لا تتزاوج عادة مع مجموعات أخرى حتى عندما تتاح لها الفرصة (المفرد والجمع يكتبان بنفس الحروف).

NEUTRON

نيوترون

جسيم متعادل كهربائياً ويوجد في أنوية جميع الذرات ماعدا الهيدروجين -١.

NEUCLEOTIDE**نيوكليوتيدة**

جزء، مكون من: (١) بيورين أو بيريميدين، (٢) سكر خماسي الكربون، (٣) مجموعة أو مجموعتين أو ثلاث مجموعات فوسفاتية - وكلهم مرتبطون ببعضهم البعض.

NEUCLEOSIDE**نيوكليوسيد**

جزء، مكون من بيورين أو بيريميدين مرتبط بسكر خماسي الكربون.

HYBRID**هججين**

كائن نتج من أبوين غير متشابهين وراثيا وهو متباين اللاحقة لزوج أو (غالبا) أكثر من الجينات.

DIHYBRID**هججين مزدوج**

متباين اللاحقة عند موقعين جينيين مختلفين.

CATABOLISM**الهدم**

فيه تتكسر الجزيئات المعقدة الى جزيئات أبسط ويصحب ذلك انطلاق طاقة.

HORMONE**هرمون**

مادة عضوية تنتجها الخلايا في أحد أجزاء الجسم وبعد نقلها بواسطة سوائل الجسم تمارس تأثيرها على أنشطة الخلايا في اماكن أخرى من الجسم.

HISTONE**هستون**

بروتين قاعدي مرتبط مع الحامض النووي DNA في أنوية حقيقيات النواة.

DIGESTION**هضم**

تكسر جزيئات الطعام الكبيرة بواسطة التميؤ.

AEROBIC**هوائي**

يحتاج لوجود أكسجين حر (O_2).

HOMEOSTASIS**هوميوستازيس**

المحافظة على استقرار الوسط الداخلي السائل المحيط بالخلايا.

HEPARIN**هيبارين**

مادة عديدة التسكر تمنع التجلط.

HYDROCARBON**هيدروكربون**

مركب يحتوي على كربون وهيدروجين فقط. يميز البترول والفحم.

HERTZ	هيرتز الدوائر في الثانية .
HEMOGLOBIN	هيموجلوبين بروتين أحمر يحتوي على الحديد وينقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في دماء الفقاريات وبعض اللافقاريات .
OPERON	وحدة التشغيل مجموعة من الجينات التركيبية المتجاورة وجين التشغيل الذي يتحكم فيها .
MONOMER	وحدة جزيئية وحدة جزيئية بسيطة يمكنها الارتباط مع وحدات أخرى لتكوين بلمرة . جزيء الجلوكون هو الوحدة الجزيئية للنشا .
MOTOR UNIT	وحدة المحرك جميع ألياف العضلات الهيكلية التي يتم تنبيهها بخلية عصبية محرك واحدة .
ATOMIC WEIGHT UNIT	وحدة الوزن الذري جزء من اثناء عشر جزء $\frac{1}{12}$ من ذرة الكربون ^{12}C تسمى كذلك دالتون .
EUGENICS	وراثة الانسان استخدام الوراثة في محاولة تحسين الصفات الوراثية للانسان .
MOLECULAR WEIGHT	وزن جزيئي مجموع الأوزان الذرية للذرات في جزيء .
BIOSPHERE	الوسط الحيوي الجزء من كوكبنا الذي توجد به الحياة والذي به يتم تبادل المواد . يشمل على جزء صغير من الوسط الأرضي (الأرض الصلبة) وأجزاء كبيرة من الوسط المائي (الماء) والغلاف الجوي .
VASCULAR	وعائي به أجهزة لنقل السوائل
VIVIPAROUS	ولود له أجنة تنمو الى الشكل البالغ بداخل جسم الأم حيث تضمن الأم غذاء تلك الأجنة من أنسجتها وليس من مح البيض .

LARVA**يسرقة**

طور غير بالغ لكثير من الحيوانات التي لا بد لها من المرور بمراحل التطور حتى تصل الى الطور البالغ .

CIRCADIAN**يومي**

يحدث مرة واحدة في اليوم تقريبا .

=====

قائمة المصطلحات

GLOSSARY

مرتبة حسب الأبجدية الانجليزية

ABSORPTION SPECTRUM

طيف الامتصاص

الطيف الكهرومغناطيسي التي تعتبر شدته عند كل طول موجة مقياسا لكمية الطاقة عند طول الموجة التي مرت خلال مادة تم اختيار درجة امتصاصها.

ACETYLCHOLINE

اسيتايل كولين

مركب عضوي يفرز عند نهايات الكثير من الخلايا العصبية . مزاج عصبي .

ACID

حامض

جزئى، أو أيون يطلق بروتونات ، عادة في الماء .

ACTINOMYCIN D

أكتينومايسين د

مضاد حيوي معزول من بكتيريا التربة وهو يعترض عملية تخليق الحامض RNA المعتمد على الحامض DNA.

ACTION SPECTRUM

طيف الفعل

معدل نشاط فسيولوجي مرسوم بيانيا في مقابل طول موجة الضوء .

ACTIVE TRANSPORT

النقل النشط

نقل مادة خلال غشاء خلية من منطقة ذات تركيز منخفض الى منطقة ذات تركيز مرتفع . يحتاج الى طاقة .

ADAPTATION

تكيف (تأقلم)

أي ميزة لكائن تساهم في بقائه حيا في بيئته .

ADAPTATIVE RADIATION

اشعاع تكيفي

تطور، من نوع واحد من الأسلاف، لعدة أنواع مختلفة متكيفة مع طرق معيشية مختلفة.

ADINOSINE TRIPHOSPHATE (ATP) ثالث فوسفات الأدينوزين
مركب عضوي وهو المنبع المباشر للطاقة اللازمة لأنشطة الخلايا.

ADHESION التصاق
قوة الجذب بين جزيئات غير متشابهة.

ADVENTITIOUS ROOT جذر عرضي
جذر ينشأ من ساق أو ورقة.

AEROBIC هوائي
يحتاج لوجود أكسجين حر (O_2).

ALGA طحلب
كائن يستطيع أن يقوم بعملية البناء الضوئي، يشبه النبات، وعادة يوجد ناميا في الأماكن المائية أو الرطبة.

ALLANTOIS الأنتويس
غشاء جنيني في الزواحف والطيور والثدييات وهو يكون جيبا ينمو للخارج من الجزء الخلفي للقناة الهضمية.

ALLELE جين مضاد
شكل بديل لجين قد يوجد عند موقع جيني معين.

ALLERGY حساسية
استجابة مناعية زائدة، أي زيادة حساسية لمادة دخيلة على الجسم (أنتيجين).

ALLOSTERIC فراغي مغاير
تطلق على تغير في خواص (ربما أيضا في شكل) بروتين يتبع ارتباط جزيء صغير بموقع على البروتين بدلا من موقعه النشط

AMINO TERMINAL نهاية أمينية
نهاية سلسلة عديدة الببتيدات لها مجموعة أمينية حرة ($-NH_2$) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة. يبدأ تخليق السلاسل عديدة الببتيدات من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية.

- AMNIOCENTESIS** اخراج السائل الأمنيوتي
 اخراج السائل الأمنيوتي من امرأة حامل حتى يمكن دراسة تركيبه، أو زراعة الخلايا الموجودة به.
- AMNION** الأمينون
 غشاء جنيني اضافي في الزواحف، الطيور، الثدييات يحيط بالجنين في محفظة مملوءة بسائل.
- AMOEBA** الأميبا
 حيوان أول وحيد الخلية يتحرك بواسطة أقدام كاذبة.
- AMPHETAMINE** أمفيتامين
 عقار يشبه في تركيبه الجزئي التركيب الجزئي للأدرينالين والنور أدرينالين ويشاركهما في الخواص التنبيهية.
- AMPHIPHILIC** مزدوج المحبة للماء
 صفة لوصف الجزيئات التي تحتوي على كلا المجاميع القطبية (المحبة للماء) وغير القطبية (الكارهة للماء). استتيارات الصوديوم (الصابون) هي جزيء مزدوج المحبة للماء.
- AMYLASE** أميليز
 انزيم يهضم النشا أي يحلله تحليلا مائيا.
- ANABOLISM** البناء
 عملية البناء الغذائي والتي يتم فيها تخليق المواد المعقدة من مواد أبسط.
- ANAEROBIC** لاهوائي
 لا يحتاج لوجود أكسجين حر.
- ANALOGOUS** متشابهة في الأداء
 لوصف الأعضاء في الأنواع المختلفة. فهي لها نفس الوظيفة ولكن لها تركيب ونشوء جنيني مختلف.
- ANDROGEN** أندروجين
 واحد من مجموعة من الهرمونات الجنسية لذكور الحيوانات الفقارية والتي تشجع نشوء الصفات الجنسية الثانوية.
- ANEMIA** أنيميا (أو فقر دم)
 نقص خلايا الدم الحمراء أو الهيموجلوبين في الدم.

ANESTHETIC	مُخَدِّر
	مادة تسبب فقد الاحساس .
ANTIBODY	جسم مضاد
	بروتين ينتجه الحيوان الفقاري يمكنه الاتحاد مع مادة دخيلة (أنتيجن) معينة .
ANTICODON	مضاد للشفرة
	مجموعة من ثلاث قواعد متجاورة على الجزيء الناقل RNA الذي يتزاوج مع شفرة مكملته على جزيء الرسول RNA.
ANTIGEN	أنتيجن
	مادة غريبة تسبب في تكوين الأجسام المضادة . جزيء كبير عادة بروتين أو مادة عديدة السكار (تسكر) عندما يدخل في جسم حيوان يكون غريبا عنه ويحثه على تكوين الأجسام المضادة .
ANTIGENIC DETERMINANT	المحدد الأنتيجيني
	أي جزء من الأنتيجين يتحد مع الموقع النشط للجسم المضاد .
ANTITOXIN	مضاد للسم
	مزيغ من الأجسام المضادة تكونت استجابة لمادة سامة .
APOMIXIS	أبوميكسيس
	التكاثر بالبذور التي تكونت لا جنسيا وليس جنسيا .
AQUIFER	أكويفر
	طبقة في الأرض تكون مشبعة بالماء .
ARCHENTERON	الفراغ الوسطي للانبعاج الجنيني
	التجويف المركزي للانبعاج (جامترولا) في الجنين ، والذي سيصبح فيما بعد القناة الهضمية .
ARTHROPOD	مفصلي الأرجل
	عضو في إحدى قبائل الحيوانات اللافقارية التي تتميز بأرجلها المفصليّة وهيكلها الخارجي . تضم الحشرات والعنكبوتيات والقشريات .
ASCUS	كيس زقي
	حافظة جرثومية أنبوية في الفطريات الزقية تحوي عادة ثمانية جراثيم زقية .

ASEXUAL REPRODUCTION

نكاثر لا جنسي

التكاثر بدون اتحاد الأمشاج (أو أية مادة نووية).

ASSORTATIVE MATING

التزاوج المنتسق

التزاوج بين الأفراد المتشابهين في إحدى المجاميع، وبذلك يكون التزاوج غير عشوائي.

ATOM

ذرة

أصغر جزء من عنصر يمكنه أن يدخل في اتحاد مع عناصر أخرى.

ATOMIC WEIGHT UNIT

وحدة الوزن الذري

جزء من إثنا عشر جزء $\frac{1}{12}$ من ذرة الكربون 12 . تسمى كذلك دالتون.

AUTO-IMMUNE DISEASE

مرض ذاتي المناعة

مرض يتميز بتكوين استجابة مناعية ضد مكونات أنسجة الفرد ذاته.

AUTOSOME

كروموسوم جسيمي

أي كروموسوم غير كروموسومات الجنس.

AUTOTROPHIC

ذاتي التغذية

قادر على تخليق مواد عضوية من مواد خام غير عضوية.

AUXIN

أوكسين

هورمون نباتي، من بين تأثيراته تشجيع استطالة الخلية.

AXON

عصب طويل (أكسون)

امتداد فردي لخلية عصبية (عادة طويل وغالبا متفرع)، يقود النبضات العصبية بعيدا عن الأفرع العصبية القصيرة الشجرية.

B CELL

خليعة ب

خلية نشطة مناعيا (خلية ليمفاوية) لاتعتمد في نشاطها على الغدة التيموسية. الخلايا المفرزة للأجسام المضادة (الخلايا البلازمية) تنشأ من الخلايا ب.

BACTERIOPHAGE

فيروس بكتيري

فيروس يصيب البكتيريا.

BALANCED POLYMORPHISM

تعدد الأشكال المتوازن

المحافظة على طرازين مظهرين متميزين أو أكثر في عشيرة بواسطة الانتخاب الطبيعي. قد يحدث تعدد الاشكال المتوازن نتيجة للانتخاب المضطرب، أو (كما في حالة انيميا

- الخلية المنجلية) اذا كان متباينو اللاقحة أكثر صلاحية من أي من متشابهي اللاقحة.
- BARBITURATE** باريتيورات
أي من عدة مئات من مشتقات حامض الباريتيوريك المستخدمة كمسكنات (مثل الفينوباريتال).
- BASE** قاعدة
جزء، أو ذرة يمكنها أخذ بروتون من حامض.
- BASIDIUM** بازيديوم
تركيب صولحاني الشكل منتج للجراثيم في الفطريات البازيدية تتكون على سطحه الخارجي أربعة جراثيم بازيدية.
- BETA - GALACTOSIDASE** بيتا جالاکتوسيديز
انزيم يقوم بتحليل المائي للسكر الثنائي لاكتوز.
- BIOASSAY** التقدير الحيوي
التقدير الكمي لقوة مادة نشطة بيولوجيا من خلال تأثيرها على الكائن الحي.
- BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)** الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين
الأكسجين المطلوب (بالميليجرام/لتر أو بالجزء في المليون) للبكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة لأكسدة المادة العضوية الموجودة في عينة ماء مثل الماء الملوث بالمجاري. يسمى أيضا بالطلب الحيوي للأكسجين.
- BIOMASS** الكتلة الحيوية
كل كمية المادة الحية في عشيرة معينة من الكائنات.
- BIOME** جماعة حيوية
جماعة نباتية وحيوانية ينتجها ويحافظ عليها المناخ. فمناطق الغابات الصنوبرية في أمريكا الشمالية (التايغا) تكون جماعة حيوية واحدة.
- BIOSPHERE** الوسط الحيوي
الجزء من كوكبنا الذي توجد به الحياة والذي به يتم تبادل المواد. يشتمل على جزء صغير من الوسط الأرضي (الأرض الصلبة) وأجزاء كبيرة من الوسط المائي (الماء) والغلاف الجوي.
- BLASTOCYST** بلاستوسيست
البلاستيوالا التي تتكون بواسطة مشيمة الثدييات. والبلاستوسيست هي الطور الجنيني

الذي ينزوع في جدار الرحم .

BLASTULA

البلاستولا

الطور المبكر من نشوء الحيوان والذي فيه تحيط طبقة واحدة عادة من الخلايا فراغا مملوءا بالسائل البلاستوكول، وبذلك تتكون كرة مجوفة .

BOTANY

علم النبات

دراسة النباتات .

BRANCHIAL GROOVES

أخاديد شعبية

سلسلة من الأخاديد المزوجة الخارجية في منطقة ربة جنين الفقاريات والتي تقابل من حيث الموقع الجيوب البارزة للبلعوم (جيوب الخياشيم) .

BUDDING

تبرعم

التكاثر اللاجنسي الذي فيه ينمو كائن جديد من نمو خارجي للأب .

CALORIE

سعر

كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية . عندما تكتب بحروف كبيرة فهي تعنى وحدة حرارية مساوية لألف ضعف من الوحدة السابقة .

CANCER

سرطان

أي من مجموعة من الأمراض التي تتميز بتكاثر للخلايا لا يمكن التحكم فيه .

CARBOHYDRATE

كربوهيدرات

مركب عضوي من الكربون، الهيدروجين، والأوكسجين، عادة بنسبة ١:٢ ذرات هيدروجين الى ذرات أوكسجين .

CARBOXYL TERMINAL

النهاية الكربوكسيلية

نهاية سلسلة عديدة الببتيد بمجموعة حرة من الكربوكسيل - (COOH) متصلة بالعمود الفقري للسلسلة . تخليق عديد الببتيد يتقدم من النهاية الأمينية الى النهاية الكربوكسيلية .

CARCINOGEN

مسبب السرطان (سرطن)

مادة مسبة للسرطان .

CARCINOMA

كارسينوما

سرطان الخلايا الطلائية .

- CATABOLISM** الهدم
فيه تتكسر الجزيئات المعقدة الى جزيئات أبسط ويصحب ذلك انطلاق طاقة.
- CATALYST** حفّاز
مادة تسرع معدل التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أثناء هذه العملية.
- CELL - MEDIATED IMMUNITY** مناعة بواسطة الخلايا
استجابة مناعية (مثل رفض الطعم) تعتمد على وجود خلايا ليمفاوية حسية معينة (أي قادرة على التعرف على أنتيجن معين).
- CEPHALIZATION** الرأس
ميل تطوري نحو تركيز المستقبلات الحسية والجهاز العصبي المركزي عند الطرف الأمامي للحيوان.
- CEPHALOTHORAX** الرأس الصدري
الرأس الملتحمة بالصدر والموجودة في العنكبوتيات والكثير من القشريات.
- CHALONE** شالون
مادة يفرزها النسيج لمنع الانقسام غير المباشر في هذا النسيج.
- CHAPARRAL** شايارال
الغابة الشجرية الموجودة في جنوب كاليفورنيا.
- CHARACTER DISPLACEMENT** ازاحة الصفات
التباعد التطوري لنوعين والذي يقلل من المساحة البيئية المشتركة بينهما.
- CHEMOAUTOTROPHIC** ذاتي التغذية الكيميائية
كائن ذاتي التغذية يستخدم الطاقة الناتجة من أكسدة بعض المواد غير العضوية. صفة مميزة لبعض أنواع البكتيريا.
- CHIASMA** كيازما
اتصال كروماتيدتين غير أختين في مزدوج كروموسومي ويرى لأول مرة في المرحلة الانفراجية من الطور التمهيدي الأول للانقسام الاختزالي. كل كيازما تؤدي الى تبادل المادة الوراثية بين الكروماتيدات غير الأختية، أي الى العبور. جمع كيازما هو كيازماتا.
- CHITIN** كاييتين
مادة عديدة التسكر تحتوي على النترجين وهي تكون الهيكل الخارجي لفصليات الأرجل وجدر خلايا العديد من الفطريات.

- CHLOROPHYLL** كلوروفيل (مختص) الصبغة الخضراء المستخدمة في البناء الضوئي .
- CHLOROPLAST** بلاستيدة خضراء بلاستيدة تحتوي على الكلوروفيل .
- CHOLESTEROL** كوليسترول أكثر استيرويد وجودا في جسم الانسان . وربما يستخدم كمادة بداية لتخليق الاستيرويدات الأخرى الموجودة في الجسم .
- CHOLINE ESTERASE** كولين استيريز انزيم يعمل على تميؤ الاستايل كولين وذلك يفقده فاعليته .
- CHORION** قشرة غشاء جنيني اضافي في الزواحف والطيور والثدييات يغلف الجنين كما يساهم في تكوين المشيمة في الثدييات .
- CHROMATID** كروماتيدة كل من خططي كروموسوم مزدوج (كروماتيدات أختية) طالما بقيتا ملتصقتين ببعضهما عن طريق القطعة المركزية المشتركة بينهما .
- CHROMATIN** كروماتين الكروموسومات المنتشرة الموجودة في أنوية حقيقيات النواة أثناء الطور البيني .
- CHROMATOGRAPHY** الفصل اللوني عملية فصل مكونات مزيج باستخدام الادمصاص التفاضلي لهم على قالب غير ذائب (مثل الورق) عندما يمر هذا المزيج خلال هذا القالب .
- CHROMOSOME** كروموسوم (صبغي) تراكيب مستطيلة في نواة الخلية تحتوي على الحامض DNA وبروتين وتحمل الجينات . وعدد الكروموسومات في النواة عادة ثابت بالنسبة للنوع .
- CIRCADIAN** يومي يحدث مرة واحدة في اليوم تقريبا .
- CLEAVAGE** الانشطار الانقسام غير المباشر المتكرر للزيجوت الذي يكون البلاستولا عديدة الخلايا .

- CLINE** التباين المستمر
التدرج المستمر في الاختلافات التركيبية والفسيولوجية التي تبدو على أفراد النوع الواحد.
- CLOACA** المجمع
الجزء الأخير من القناة الهضمية الذي تقذف فيه القنوات البولية والتناسلية محتوياتها في الطيور والزواحف والبرمائيات والكثير من الأسماك.
- CLONE** جماعة أصلية
النسل الناتج عن طريق التكاثر اللاجنسي لخلية واحدة أو كائن واحد. تمتاز بتركيب وراثي متماثل.
- CNIDARIA** كنيدياريا
قبيلة الحيوانات التي تضم الهيدرا والأسماك الهلامية وأنيمونات البحر والمرجانيات. كانت من قبل تسمى الجوفومعويات.
- CODOMINANCE** السيادة المتكافئة
التعبير المستقل لكل من الجينين المتضادين في الفرد متباين اللاحقة.
- CODON** كودون
القواعد الثلاث المتجاورة في جزيء الحامض **DNA** أو الحامض **RNA** والتي تحمل شفرة حامض أميني معين.
- COELOM** تجويف الجسم
التجويف الأساسي في جسم الكثير من الحيوانات ويكون مبطن بخلايا طلائية ناشئة من الميزودرم.
- COENOCYTE** مدمج خلوي
كتلة من السيتوبلازم تحتوي على العديد من الأنوية تنشأ من الانقسام المتكرر لنواة خلية واحدة دون أن ينقسم السيتوبلازم الموجود بها.
- COENZYME** مرافق أنزيمي
مركب عضوي عندما يتحد مؤقتاً مع أنزيم يجعله نشطاً.
- COHESION** تماسك
قوة الجذب بين الجزيئات المتشابهة.

COLEOPTILE

غمد الريشة

غمد يوجد حول الريشة في بادرات النجيليات.

COLLENCHYMA

كولنشيمية

خلايا كولنشيمية . توجد في نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا حية ذات جدر سميكة عند الأركان . توجد غالبا في السوق الصغيرة النامية وفي أعناق الأوراق.

COLLOID

غروي

مادة يتراوح حجم دقائقها (أي جزيئات كبيرة أو تجمعات من جزيئات صغيرة) بين ١ نانومتر ومائة نانومتر.

COMMENSALISM

مشاركة غذائية

علاقة حية وثيقة بين نوعين . أحدها ينتفع من الآخر دون أن يؤذي أو يفيد.

COMMUNITY

مجتمع

تعداد من النباتات والحيوانات والميكروبات الموجودة في منطقة معينة وغالبا تكون متفاعلة مع بعضها البعض .

COMPOUND

مركب

مادة يمكن تحليلها الى مواد أبسط . توجد العناصر في المركب بنسب وزنية محددة .

CONIFER

نبات مخروطي

من عاريات البذور ويحمل مخاريط . يشتمل على الصنوبريات والتنوب وغيرها .

CONJUGATION

تزاوج

شكل من أشكال التكاثر الجنسي يتم فيه تبادل المادة الوراثية أثناء الاتحاد المؤقت بين خليتين . يحدث في الكثير من الهدييات (مثل الباراميسيوم) وبعض البكتيريا .

CONVERGENCE

التقاء

تطور الصفات المتشابهة سطوحيا في الكائنات التي ليست بينها صلة قرابة ولكنها تعيش في بيئات متشابهة .

COPULATION

تلقيح

اتحاد جسدي بين حيوانين يتم خلاله إنتقال الخلايا المنوية من أحدهما الى الآخر .

COREPRESSOR

مرافق الكابت

جزء صغير يتحد مع جزيء كابت لتعطيل عمل الجين

CORTEX	قشرة
	الجزء الخارجى للعضو
COVALENT BOND	رابطة تساهمية
	رابطة كيميائية تتكون بواحد أو أكثر من أزواج الإلكترونات المشاركة.
CUTIN	كيوتين
	مادة شمعية.
CYANOBACTERIA	طحالب زرقاء
	طحالب خضراء مزرققة.
CYTOCHROME	سيتوكروم
	واحد من العديد من البروتينات المحتوية على حديد، موجود في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء وهي التي تقوم بنقل الإلكترونات في عمليتي التنفس الخلوي والبناء الضوئي على التوالي.
CYTOKINESIS	انقسام السيتوبلازم
	انقسام السيتوبلازم - على خلاف ما في النواة - أثناء الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي.
CYTOKININ	سيتوكينين
	واحد من مجموعة من المركبات المحتوية على أدينين وتحفز عملية الانقسام غير المباشر في النباتات.
CYTOPLASM	السيتوبلازم
	اصطلاح عام لكل محتويات الخلية خارج النواة وداخل غشاء الخلية.
CYTOSOL	سيتوسول
	السائل الذي تعلق فيه عضيات السيتوبلازم. يسمى أيضا هياوللازم أو المادة الأساسية.
DALTON	دالتون
	وحدة وزن تعادل $\frac{1}{12}$ من وزن ذرة الكربون ^{12}C .
DEAMINATION	نزع أمين
	نزع مجموعة أمين ($-\text{NH}_2$) من مركب.

DECARBOXYLATION	نزع الكربوكسيل
	نزع ثاني أكسيد الكربون من مجموعة الكربوكسيل في حامض عضوي .
DEDIFFERENTIATION	ارتداد التشكل
	ارتداد خلية متخصصة الى النوع الجنيني الأكثر عمومية .
DENATURATION	تخثر البروتين
	تغير الخواص الطبيعية والتركيب ثلاثي الأبعاد لبروتين بواسطة عوامل أضعف من أن تكسر الروابط الببتيدية .
DENDRITE	شجري
	امتداد متفرع وعادة قصير من الخلية العصبية تنشأ فيه القدرة المحركة .
DENITRIFICATION	نزع النتروجين
	اختزال النترات الى نتروجين (N_2) .
DEOXYRIBONUCLEIC ACID (DNA)	الحامض دي أوكسي ريبونوكلييك
	حامض نووي موجود في الكروموسومات التي تخزن المعلومات الوراثية للكائن .
DIALYSIS	الانتشار الغشائي
	فصل الجزيئات الذائبة عن طريق خاصية معدلاتها المختلفة للانتشار خلال غشاء شبه منفذ .
DIAPAUSE	السكون
	فترة كمون ، تحدث عادة في الحشرات .
DIASTOLE	ارتخاء القلب
	مرحلة ارتخاء القلب .
DIFFERENTIATION	التشكل
	تغير تركيبى ووظيفي لخلية غير متخصصة بحيث تصبح متخصصة .
DIFFUSION	انتشار
	هجرة جزيئات أو أيونات نتيجة لحركتها العشوائية من منطقة التركيز الأعلى الى منطقة التركيز الأقل .
DIGESTION	هضم
	تكسير جزيئات الطعام الكبيرة بواسطة التمعيع .

DIHYBRID

هجين مزدوج

متباين اللاحقة عند موقعين جينيين مختلفين .

DIOECIOUS

ثنائي المسكن

يحمل الأعضاء الجنسية المذكرة على نبات والأعضاء الجنسية المؤنثة على نبات آخر من نفس النوع . نخيل البلح ثنائي المسكن .

DIPLOID

ثنائي العدد الكروموسومي

به اثنان من كل نوع من الكروموسومات (عدا كروموسومات الجنس) ، يرمز له بالرمز ٢ ن .

DISACCHARIDE

ثنائي السكر

سكر (مثل السكروز) يمكن تميؤه الى اثنين من أحاديات السكر .

DISSOCIATION

تفقت

فصل أيونات من جزيء أو تركيب بللوري .

DISTAL

بعيد

يوجد بعيدا عن مكان المنشأ أو مكان الإتصال .

DNA POLYMERASE

بوليميريز الحامض DNA

انزيم يحفز ارتباط نيوكليوتيدات دي أوكسي ريبوز مع بعضها البعض لتكوين الحامض DNA المكمل لقالب اما من الحامض DNA أو من الحامض RNA (في حالة النسخ العكسي) .

ECOLOGY

علم البيئة

دراسة العلاقات المتداخلة بين الكائنات وبيئتها .

ECOSYSTEM

نظام بيئي

جماعة من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع الكائنات غير الحية المحيطة بها .

ECTODERM

الجلد الخارجي

الطبقة الخارجية من الخلايا في جنين الحيوان .

ECTOTHERM

خارجي الحرارة

حيوان يحافظ على حرارة جسمه بامتصاص الحرارة من الجو المحيط به .

EDEMA

اديماء

تجمع غير طبيعي لليمف في فراغات الأنسجة .

EFFECTOR	المؤثر تركيب جسامي يعمل به الكائن . في الانسان تكون المؤثرات الرئيسية هي العضلات والغدد.
EGESTION	اخراج التخلص من المواد غير المهضومة من القناة الهضمية.
ELECTRON	الكثرون جسيم ذو شحنة سالبة يوجد خارج نواة الذرة.
ELECTRONEGATIVE	ذو سالبية كهربية له تمجاذب للإلكترونات .
ELEMENT	عنصر أي واحد من حوالي مائة مادة تتكون كل منها من نوع واحد فقط من الذرات ولا يمكن تحليلها الى مواد أبسط .
EMBRYO	جنين حيوان أو نبات في طور مبكر من النشوء من زيجوت .
EMPHYSEMA	امفايسما حالة تصيب الرئتين وتتميز بنقص السطح المتاح لتبادل الغازات .
EMULSION	مستحلب مزيج مكون من قطرات محلول معلقة في محلول آخر .
ENANTIOMORPH	نظير شكلي أحد نظيرين ضوئيين كلاهما صورة في المرآة للآخر . يسمى أيضا قطعة مناظرة .
END PLATE POTENTIAL (EPP)	جهد نهاية اللوحة الاستقطاب الجزئي الناشيء داخل ليفة عضلية في منطقة اتصال نشاط عصبي عضلي .
ENDOCYTOSIS	الابتلاع الخلوي احاطة مادة غير خلوية بواسطة خلية مصحوبة بانبعاج واقتطاع جزء من الغشاء الخلوي . المادة المحاطة عندئذ تكون مغلفة داخل فجوة .
ENDODERM	الجلد الداخلي آخر طبقة داخلية من الخلايا في جنين الحيوان .

ENDOSPERM	إندوسبرم
	النسيج المغذي الذي يحيط بالجنين الناشئ في النباتات البذرية ويقوم بتغذيته .
ENDOSYMBIONT	متكافل داخلي
	كائن حي يعيش بداخل جسم شريكه الذي يتبادل معه المنفعة .
ENDOTHERM	داخلي الحرارة
	حيوان يحافظ على حرارة جسمه من الحرارة المتولدة من الأيض الداخلي له .
ENERGY	طاقة
	القدرة على أداء عمل .
ENZYME	انزيم
	حافز بروتيني ينتجه كائن حي .
EPICOTYL	السويقة الجنينية العليا
	الجزء من ساق جنين النبات أو البادرة الموجود فوق العقدة التي تتصل عندها الفلقات ببعضها البعض .
EPIPHYTE	نبات معلق
	نبات ينمو بالكامل على نبات آخر كمكان ودعامة فقط .
EQUILIBRIUM	اتزان
	حالة توازن بين عمليتين متضادتين .
ESTROGEN	استروجين
	واحد من مجموعة الهرمونات الجنسية من بين تأثيراته المختلفة العمل على تشجيع ظهور الصفات الجنسية الثانوية .
ETIOLATION	الاصفرار
	ظاهرة تحدث للنباتات التي تربي في الظلام وتتميز باللون الباهت وطول السلاميات والأوراق الصغيرة .
EUGENICS	وراثة الانسان
	استخدام الوراثة في محاولة تحسين الصفات الوراثية للانسان .
EUKARYOTE	حقيقي النواة
	كائن يتميز بأن خلاياه تحتوي على نواة محاطة بغشاء . غالباً تكتب eucaryote .

EUTROPHICATION

إثراء غذائي

العملية التي فيها يصبح جسما من الماء غنيا في المواد الغذائية الذاتية.

EXCITATORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (EPSP)

جهد التهيج

الاستقطاب العكسي الجزئي الناشيء في خلية عصبية بوصول قدرة فعلية عند نهاية خلية عصبية أخرى متلاقية معها.

EXCRETION

الأخراج

تخلص الكائن الحي من النفايات الأيضية.

EXOCYTOSIS

الطرد الخلوي

تفريغ المواد المحصورة في فجوات من الخلية عن طريق التحام غشاء الفجوة مع غشاء الخلية.

EXON

اكسون

منطقة من جين تحمل الشفرة لعديد الببتيد. قارن مع انترون.

EXTENSOR

باسط

عضل يعمل على بسط الطرف.

EXTRACELLULAR FLUID (ECF)

السائل المحيط بالخلية

السائل الذي تكون الخلايا مغمورة فيه.

FAUNA

فونا

الحياة الحيوانية في بيئة معينة.

FEEDBACK, INHIBITION

التثبيط الرجعي

تثبيط أول انزيم في المسار الأيضى بواسطة الناتج النهائي من هذا المسار.

FERMENTATION

تخمير

تحلل لا هوائي لمركب عضوي (مثل الجلوكوز) بواسطة كائن حي.

FETUS

جنين

حيوان ثديي لم يولد بعد وقد اكتمل معظم نموه التركيبي وتشكله (في الانسان يحدث ذلك بعد ثلاثة أشهر من النشوء).

FISSION

الانشطار

التكاثر اللاجنسي عن طريق انقسام الجسم الى اثنين أو أكثر من الأجزاء المتساوية.

FLATWORM	دودة مفلطحة
	أي عضو من قبيلة الديدان المفلطحة. منها الديدان الكبدية والديدان الشريطية والتريلاريانات.
FLAVIN	فلافين
	صبغة صفراء عندما تتحد مع بروتين تنقل اليكترونات الى السيوكرومات.
FLEXOR	قابض
	عضلة تعمل على ثني الأطراف.
FLORA	فلورة
	الحياة النباتية في بيئة معينة.
FLOURESCENCE	تألق
	انبعاث ضوء من مادة بعد امتصاصها لاشعاع ذو طول موجه مختلف.
FOOD CHAIN	سلسلة غذائية
	تتابع من الكائنات فيه كل كائن يستخدم الذي يسبقه في التتابع كمصدر للغذاء وهو بدوره يؤكل بواسطة الكائن الذي يليه.
FOSSIL	حفريّة
	أي بقايا لكائن أو دليل محفوظ في التربة يدل على وجوده.
FOVEA	فوفيا
	انخفاض ضحل في الشبكية لا يحتوي على قضبان أو أوعية دموية ولكنه غني بالمخاريط ويمد الحيوان بأدق رؤية.
FRUIT	ثمرة
	مبيض ناضج (وأحيانا بعض الأجزاء المساعدة) لزهرة.
FUNGUS	فطر
	كائن بسيط غير متحرك لا يقوم بالبناء الضوئي وحقيقي النواة. يعيش مترعا أو متطفلا. من أمثلته العفن والخمائر وعيش الغراب وغيرها.
GAMETE	مسيج (جاميطة)
	خلية تناسلية وحيدة العدد الكروموسومي تؤدي الى نشوء فرد جديد بعد اتحادها مع مسيج آخر.

GAMETOPHYTE	طور مشيجي (أو جاميطي)
	مرحلة في دورة حياة النبات تكون أحادية العدد الكروموسومي ومنتجة للأمشاج.
GANGLION	عقدة عصبية
	كتلة صغيرة من النسيج العصبي تحتوي على أجسام الخلايا العصبية.
GASTRULA	جاسترولا
	أحد أطوار النشوء في الحيوانات يتكون خلاله الجلد الداخلي والمتوسط والتجويف المعوي.
GENE LOCUS	موقع جيني
	مكان لجين معين (أو أحد الجينات المضادة له) على الكروموسوم.
GENE POOL	بحيرة الجينات
	كل الجينات في عشيرة معينة لأحد الأنواع.
GENERATOR POTENTIAL	القدرة المولدة
	تيار ضئيل ينشأ عبر غشاء خلية مستقبلية تم تنبيهها. تزداد قوته تبعاً لقوة المنبه وعند مستوي معين (مستوي الحافة) يتسبب في بدء نبض عصبي أو أكثر في خلية عصبية مجاورة.
GENETIC MOSAIC	مرفقش وراثي
	فرد مكون من خلايا بها أكثر من طراز جيني واحد.
GENOME	مجموعة جينية
	مجموعة كاملة من الجينات (أحادية العدد الكروموسومي).
GENOTYPE	طراز جيني
	التكوين الوراثي للفرد.
GENUS	جنس
	فئة تصنيفية تضم (غالباً) عدة أنواع متقاربة جداً. الأجناس المشابهة تنضم مع بعضها في فصيلة.
GERMINATION	انبثاق
	مواصلة الجنين للنمو في داخل البذرة، أو مواصلة جرثومة للنمو.
GILL SLITS	فتحات خيشومية
	فتحات مزدوجة من البلعوم الى الخارج توجد في العديد من الحبليات المائية عندما تنفتح

الجلبوب الخيشومية عند الأخاديد الشعبية .	
الجلوكزة	GLYCOLYSIS
الهدم اللاهوائي للجلوكوز .	
جلايكوبروتين	GLYCOPROTEIN
بروتين تتصل به تساهميا سكريات و/أو مواد عديدة التسكر .	
برعم تناسلي	GONAD
عضو منتج للأمشاج .	
نمو	GROWTH
زيادة في حجم الكائن ناتجة عن زيادة في عدد خلاياه أو في حجمها أو في كمية المادة البين خلوية أو في كل هؤلاء .	
عاريات البذور	GYMNOSPERMS
النباتات الوعائية المنتجة للبذور والتي لاتوجد بذورها داخل مبيض . تشمل الصنوبريات والسيكادات وأشجار المعبد .	
موطن	HABITAT
نوع المكان الذي يعيش فيه الكائن عادة .	
اعتیاد	HABITUATION
عملية التعود على أي شيء .	
سبب الهلوسة	HALLOCENOGEN
مادة تسبب الهلوسة .	
أحادي العدد الكروموسومي	HAPLOID
به مجموعة واحدة من الكروموسومات . كما في حالة الأمشاج . يسمى أيضا .monoploid	
هيموجلوبين	HEMOGLOBIN
بروتين أحمر يحتوي على الحديد وينقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في دماء الفقاريات وبعض اللافقاريات .	
هيبارين	HEPARIN
مادة عديدة التسكر تمنع التجلط .	

HERBACEOUS	عشبي غير خشبي .
HERBIVORE	آكل الأعشاب حيوان يتغذى على النباتات .
HERTZ	هيرتز الدوائر في الثانية .
HETEROGAMY	تباين الأمشاج الحالة التي يكون فيها المشيجان غير متشابهين في التركيب، مثل الحيوان المنوي والبوضة .
HETEROTROPHIC	شاذ التغذية يتطلب عدد من المواد العضوية (طعام) من البيئة .
HETEROZYGOUS	متباين اللاتحة به جينان متضادان مختلفان مثل (A ■) عند الموقعين الجينيين المتقابلين على كروموسومين متشابهين . -
HEXOSE	سكر سداسي سكر يحتوي على ستة ذرات كربون . الجلوكوز سكر سداسي .
HISTONE	هستون بروتين قاعدي مرتبط مع الحامض النووي DNA في أنوية حقيقيات النواة .
HOMEOSTASIS	هوميوستازيس المحافظة على استقرار الوسط الداخلي (السائل المحيط بالخلايا) .
HOMEOTHERMIC	ذوات الدم الحار لها حرارة جسمية ثابتة وأعلى من درجة الحرارة المعتادة للجو المحيط بها، لذلك تسمى ذوات الدم الحار .
HOMINID	شبيهه الانسان مخلوق يشبه الانسان - على خلاف مخلوق يشبه القرد .
HOMOLOGOUS	متماثلة تقال للأعضاء في الأنواع المختلفة . تظهر تشابه أساسي في التركيب والنشوء الجنيني القربي .

HOMOZYGOUS**متماثل الالاقحة**

به جينات متضادة متماثلة مثل (aa أو AA) ، عند المواقع الجينية المتقابلة على كروموسومات متماثلة .

HORMONE**هرمون**

مادة عضوية تنتجها الخلايا في أحد أجزاء الجسم وبعد نقلها بواسطة سوائل الجسم تمارس تأثيرها على أنشطة الخلايا في أماكن أخرى من الجسم .

HUMUS**دوبال**

مادة عضوية في التربة .

HYBRID**هجين**

كائن نتج من أبوين غير متشابهين وراثيا وهو متباين الالاقحة لزوج أو (غالبا) أكثر من الجينات .

HYDROCARBON**هيدروكربون**

مركب يحتوي على كربون وهيدروجين فقط . يميز البترول والفحم .

HYDROLYSIS**التميؤ (التحليل المائي)**

تحليل مادة بادخال جزيئات الماء بين بعض روابطها . الهضم خارج الخلايا يحدث بالتميؤ .

HYDROPHILIC**محب للماء**

لفظ يستخدم لوصف جزيئات أو مجموعات الجزيئات التي تنجذب الى الماء والمذيبات القطبية الأخرى .

HYDROPHOBIC**كاره للماء**

لفظ يستخدم لوصف الجزيئات أو مجموعات الجزيئات التي تخرج بقلة مع الماء . الهيدروكربونات والدهون مواد كارهة للماء .

HYPERTONIC**زائد التوتر**

تركيز الماء به أقل من تركيز الماء في المحلول الذي يقارن معه .

HYPOCOTYL**السويقة الجنينية السفلي**

الجزء من الساق الجنينية للنبات أو من البادرة الواقع أسفل العقدة التي تتصلب عندها الفلقات .

HYPOTONIC

ناقص التوتر

يحتوي على تركيز من الماء أعلى من تركيز الماء في السائل رهن المقارنة.

I g A

آي جي أ

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة توجد بوفرة في الدموع والكولوستروم وغيرها من الافرازات.

I g E

آي جي إي

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة تتحد مع المواد المحبة للقواعد مع الخلايا السادية وهي مسئولة عن كثير من تفاعلات الحساسية.

I g G

آي جي سي

مجموعة من جزيئات الأجسام المضادة موجودة بكثرة في الدم.

IMMUNITY

مناعة

حالة استجابة شديدة لشكل جزيئي معين (مثلا الموجود على سطح بكتيريا غازية) تنتج عن تعرض سابق لهذا الشكل. ربما كانت موجودة فقط في الفقاريات.

IMMUNOGLOBULIN

جلوبيولين مناعي

جزء بروتيني يعمل كجسم مضاد.

IMMUNOLOGICAL TOLERANCE

التحمل المناعي

العجز عن انتاج اجسام مضادة و/أو استجابة مناعية لنتيجن معين عن طريق وساطة خلوية.

IMMUNOSUPPRESSION

تثبيط مناعي

استخدام عقار أو عامل آخر مثل الأشعة السينية لمنع الاستجابة المناعية.

IN VITRO

مخبري

(من اللاتينية: في الزجاج). تمت تجربته في أنبوبة الاختبار.

IN VIVO

حيوي

(من اللاتينية: في الحياة). تعبير يشير الى تجارب أجريت على كائن حي.

INDUCER

منشط

جزء ينشط الجينات ربما عن طريق اعتراض عمل الجزيء الكابت.

INDUCTION

تنشيط

عملية تحدث في الجتين فيها يقوم نسيج بتوجيه تشكل نسيج آخر.

INFLAMMATION

التهاب

استجابة نسيج للضرر وتتميز بزيادة سريان الدم وارتفاع درجة الحرارة والاحمرار وتراكم خلايا الدم البيضاء والألم.

INGESTION

ابتلاع

ادخال الطعام أو الماء الى الجسم.

INHIBITORY POSTSYNAPTIC POTENTIAL (IPSP)

جهد التثبيط

الاستقطاب الزائد الذي ينشأ في خلية عصبية نتيجة لوصول قدرة فعلية عند أطراف خلية عصبية أخرى متلاحمة معها.

INORGANIC

غير عضوي

لفظ يصف كل المركبات التي لا تحتوي على الكربون وكذلك عدد قليل من المركبات البسيطة التي تحتوي على الكربون مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات.

INTERMEDIATE HOST

عائل وسيط

عائل يستخدمه الطفيل عادة خلال طور غير بالغ أو طور يرقى في دورة حياة العائل.

INTERNEURON

خلية عصبية بينية

أي خلية يتم تنشيطها بواسطة خلايا عصبية أخرى ثم تقوم بدورها بتنشيط خلايا عصبية أخرى. في الفقاريات توجد معظم الخلايا العصبية البينية فقط في الجهاز العصبي المركزي. تسمى أيضا بالخلايا العصبية الرابطة.

INTERSTITIAL FLUID

السائل البين خلوي

السائل المستخلص من الدم ويوجد بين خلايا الحيوانات ومن ثم فهي تكون مغمورة فيه. ينتج الليمف من هذا السائل.

INTROGRESSION

غرس

ادخال جينات من أحد الأنواع في بحيرة الجينات الخاصة بنوع آخر.

INTRON

انترون

جزء من جين تم نسخه في الحامض RNA ولكنه لا يترجم الى عديد الببتيد.

INVERTEBRATE

لافقاري

حيوان ليس له عمود فقري.

ION

أيون

ذرة أو مجموعة ذرات لها شحنة كهربية ناشئة عن اكتساب أو فقد اليكترونات.

IONIC BOND	رابطة أيونية رابطة كيميائية تنشأ بين أيونات ذات شحنة مختلفة.
ISOGAMY	تشابه الأمشاج حالة يكون فيها المشيجين متشابهين في التركيب، كما في الكلاميدوموناس.
ISOMER	شبيه جزى، له نفس الصيغة الجزيئية لجزى، آخر ولكن بصيغة تركيبية مختلفة، مثل الجلوكوز والفركتوز.
ISOMETRIC	أيزومتري انقباض العضلة بدون نقص في طولها.
ISOTONIC	متعادل التوتر (١) لفظ يصف انقباض العضلة التي يسمح لها بتناقص طولها كلها بذلت جهد ثابت، (٢) له نفس تركيز الماء مثل المحلول الذي يقارن به.
ISOTOPE	نظير ذرة تختلف في الوزن عن بقية ذرات نفس العنصر بسبب اختلاف عدد النيوترونات في نواتها.
KARYOTYPE	الطراز النووي كل مجموعة الكروموسومات الموجودة في خلية.
KINESIS	التحرك حركة تنتج بسبب منبه ولكنها لاتوجه في اتجاه معين.
KININ	كينين واحد من مجموعة من عديدات الببتيد تنتج في الدم أو في الأنسجة وتعمل على توسيع الأوعية الدموية وتحديث الألم المصاحب للالتهاب.
LACTOSE	لاكتوز سكر ثنائي (سكر اللبن) يتما ليعطى جزى، جلوكوز وجزى، جالاكتوز.
LARVA	يرقة طور غير بالغ لكثير من الحيوانات التي لا بد لها من المرور بمراحل التطور حتى تصل الى الطور البالغ.

LATENT PERIOD	فترة السكون
	الفترة الفاصلة بين استخدام منه واكتشاف أول استجابة له .
LATERAL GENICULATE BODY	جسم مرفقي جانبي
	واحد من زوج من مراكز المخ حيث تتلاحم نهايات الأعصاب البصرية مع الخلايا العصبية الرابطة المؤدية الى القشرة البصرية .
LEGUME	بقولي
	أحد أفراد الفصيلة البقولية (أو القرنية) التي تضم البازلاء والفاصوليا والفول وأنواع البرسيم وغيرها .
LEUKEMIA	سرطان الدم
	سرطان يتميز بزيادة غير محكومة في عدد خلايا الدم البيضاء .
LICHEN	أشنة
	تجمع فيه تبادل منفعة بين فطر وطحلب .
LIGNIN	لجنين
	مادة معقدة توجد في جدر الخلايا الاسكرنشيمية والخشب فتعمل على تقويتها .
LINKAGE	ارتباط
	ميل اثنين من الجينات للتوارث معا لأنها موجودان على نفس الكروموسوم .
LIPASE	ليبيز
	انزيم ييضم الدهون .
LITHOSPHERE	القشرة الأرضية
	الصخور والمواد الصلبة الأخرى التي تكون قشرة الأرض .
LUMEN	مخويف
	الفجوة الموجودة داخل تركيب أنبوبي مثل وعاء دموي أو قناة الكلية .
LYMPH	ليمف
	سائل موجود في أوعية الجهاز الليمفاوي . ينتج من السائل البين خلوي ويحتوي على الكثير من الخلايا الليمفاوية .
LYSIS	تحلل
	انحلال الخلية بعد تحطم غشائها الخلوي .

LYSOGENY

ليسوجينية

الاندماج المستقر لبروفاج في المجموعة الجينية لبكتيريا.

MACROMOLECULE

جزء كبير

جزء، له وزن جزيئي من عدة آلاف أو أكثر. البروتينات والأحماض النووية والسييلولوز والنشا من الجزيئات الكبيرة.

MARSUPIAL

حيوان كيسى

أي حيوان من رتبة الثدييات ذات الجيب مثل الكانجارو والأوبوسام والخفاش.

MATRIX

مادة بين خلوية

المادة بين خلوية التي تحيط بخلايا الحيوان وخاصة خلايا النسيج الضام.

MEDULLA

النخاع

الجزء الداخلي للعضو.

MEDUSA

ميدوسا

شكل من أشكال الأسماك الهلامية موجود في دورة حياة بعض الكندياريات.

MEIOSIS

الانقسام الاختزالي

الانقسامان المتتاليان للخلية مع تضاعف واحد للكروموسومات والذدان ينتج عنها أربعة خلايا بكل منها نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الأصلية.

MERISTEM

نسيج إنشائي

نسيج نباتي جنيني ينتج خلايا جديدة عن طريق تكرار الانقسام غير المباشر.

MESODERM

ميزودرم

طبقة من الخلايا في جنين الحيوان توجد بين الجلد الخارجي والجلد الداخلي.

MESOGLEA

ميزوجلليا

طبقة هلامية توجد بين طبقتي الخلايا من الاسفنجيات والكندياريات.

METABOLISM

أيض

تبادل المادة والطاقة بين الكائن وبيئته وتحول هذه الطاقة والمادة داخل الكائن.

METABOLITE

مادة أيضية

مادة تستخدم في أو تنتج من أيض الكائن الحي.

METAMORPHOSIS

تطور

عملية التحول (عادة فجأة) من يرقة الى الطور البالغ.

METASTASIS

ميتاستازيس

نمو ثانوي للخلايا الخبيثة بعيدا عن موقع الورم الأولي.

MICRO ORGANISM

كائن دقيق

كائن دقيق الحجم مثل البكتيريا والحيوانات الأولية والكثير من الطحالب. يسمى أيضا ميكروب.

MITOSIS

الانقسام غير المباشر

انقسام خلوي (أو ببساطة نووي) يلي تضاعف الكروموسومات حيث يكون لكل خلية (أو نواة) أختية نفس المحتويات الكروموسومية كالحلية الأصلية.

MIXTURE

مزيج (مخلوط)

مادة تحتوي على مادتين أو أكثر تحتفظ كل منها بخواصها المميزة. تركيب المخلوط متغير. المحلول هو مزيج.

MOLE

مول

كمية من مادة وزنها بالجرام يساوي عدديا الوزن الجزيئي للمادة. مثال: ١٨ جرام من الماء تساوي ١ مول.

MOLECULAR WEIGHT

وزن جزيئي

مجموع الأوزان الذرية للذرات في جزيء.

MOLECULE

جزيء

أصغر جزء مترابط تساهميا من عنصر أو مركب يحتفظ بخواص تلك المادة. مثال: O_2 ، H_2O **MOLT**

انسلاخ

التخلص من الغطاء الخارجي.

MONOCULTURE

زراعة أحادية

زراعة مساحات كبيرة بنوع واحد من المحاصيل النباتية.

MONOEICIOUS

أحادي المسكن

وجود كلا المخاريط أو الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات.

MONOGLYCERIDE

أحادي الجليسيريد

جليسرول يحمل حامض دهني واحد.

MONOMER	وحدة جزيئية
	وحدة جزيئية بسيطة يمكنها الارتباط مع وحدات أخرى لتكوين بلمرة. جزيء الجلوكوز هو الوحدة الجزيئية للنشا.
MONOSACCHARIDE	أحلى السكر
	سكر بسيط مثل الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$).
MORPHOGENESIS	النشوء الشكلي
	نشوء شكل الجسم.
MORPHOLOGY	علم الشكل الخارجي
	دراسة تركيب الكائنات.
MOTOR UNIT	وحدة المحرك
	جميع ألياف العضلات الهيكلية التي يتم تنبيهها بخلية عصبية محركة واحدة.
MULTIPLE ALLELES	الجنينات المتضادة المتعددة
	أكثر من زوج من الجنينات المتضادة موجودة عند موقع جيني معين في عشيرة.
MULTIPLE FACTORS	عوامل متعددة
	جينات غير متضادة تؤثر في نفس الصفة بطريقة تجمعية.
MUTATION	طفرة
	تغير ثابت موروث في جين.
MUTUALISM	تبادل منفعة
	ارتباط وثيق بين كائنين من نوعين مختلفين فيه فائدة متبادلة بينهما.
MYCELIUM	غزل فطري
	كتلة الخيوط المتداخلة التي يتكون منها الفطر.
MYCORRHIZA	جنر فطريات
	علاقة تكافلية لفطر مع جنور نبات.
MYELIN SHEATH	غمد المايلين
	غلاف دهني موجود حول العديد من الأعصاب.
MYELOMA PROTEIN	بروتين الميولوما
	جلوبيولين مناعي نقي (جسم مضاد) تنتجه سلالة سرطانية من خلايا البلازما.

MYONEURAL JUNCTION	الاتصال العضلي العصبي الاتصال بين خلية عصبية محركة وليفة عضلية .
NECTAR	رحيق محلول سكري تفرزه النباتات ويصنع النحل منه العسل .
NEKTON	نكتون حيوانات تسبح بنشاط في الماء .
NEPHRON	نفرون وحدة وظيفية في كلية الحيوانات الفقارية .
NERVE	عصب حزمة من الأكسونات .
NET PRODUCTIVITY	الانتاجية الصافية كمية الطاقة المحبوسة في مادة عضوية أثناء فترة محددة عند مستوي غذائي معين مطروحا منها تلك المفقودة عن طريق تنفس الكائنات عند هذا المستوي .
NEUROHUMOR	مكيف عصبي مادة يتم افرازها عند نهايات خلية عصبية وتنبه أو تثبط الخلية العصبية التالية أو ليفة عضلية . الأسيتايل كولين والنورأدرينالين هما مكيفان عصبيان هامان .
NEURON	خلية عصبية خلية عصبية
NEUTRON	نيوترون جسيم متعادل كهربائيا ويوجد في أنوية جميع اللرات ماعد الهيدروجين - ١ .
NICHE	كوة (من اللاتينية nidus بمعنى عش) . الموقع الذي يشغله نوع معين في تجمع أحيائي من حيث علاقته بالأنواع الأخرى .
NICOTINAMIDE ADENINE DINUCLEOTIDE (NAD)	ثاني نيوكليوتيد النيكوتيناميد أدنين مرافق انزيمي ينقل الاليكترونات بداخل الخلية . كان يسمى ثنائي فوسفو بيريدين نيوكليوتيد (DPN) أو المرافق الانزيمي - ١ .
NITROGEN FIXATION	تثبيت النتروجين تحويل النتروجين الجوي (N_2) الى مركبات تحتوي على النتروجين مثل (NH_3) .

NODE	عقدة في النباتات، هي المكان من الساق الذي تنشأ عنده ورقة أو أكثر.
NONDISJUNCTION	فشل الانفصال فشل كروموسومين متماثلين في الانفصال أثناء الانقسام الاختزالي.
NOTOCHORD	حبل عصبي قضيب طولى مرن يقع بين الجهاز العصبي المركزي والقناة الهضمية أثناء بعض أطوار النشوء في جميع الحبلليات. وفي الفقاريات يحل محله عادة عمود من الفقرات.
NUCLEIC ACID	حامض نووي بلمرة من النيوكليوتيدات، DNA و RNA .
NUCLEOSIDE	نيوكليوسيدة جزء، مكون من بيورين أو بيريميدين مرتبط بسكر خماسي الكربون.
NUCLEOTIDE	نيوكليوتيدة جزء، مكون من: (١) بيورين أو بيريميدين، (٢) سكر خماسي الكربون، (٣) مجموعة أو مجموعتين أو ثلاث مجموعات فوسفاتية - وكلهم مرتبطون ببعضهم البعض.
ONCOGENIC	مسرطن مسبب للسرطان.
ONTOGENY	النشوء عملية نشوء كائن مفرد.
OPERATOR GENE	جين التشغيل جين يعمل على فتح و غلق الجينات التركيبية المجاورة له.
OPERON	وحدة التشغيل مجموعة من الجينات التركيبية المتجاورة وجين التشغيل الذي يتحكم فيها.
OPIATE	أوبيات (أفيونات) مادة مخدرة محضرة أو مشتقة من الأفيون.
OPSIN	أوبسين الجزء البروتيني في الأصباغ البصرية للعين.
ORGAN	عضو مجموعة من الأنسجة تؤدي وظيفة معينة للحيوان أو النبات، مثل المعدة والورقة.

ORGANELLE	عضوية جزء متخصص من خلية، مثل الفجوة القابضة، مكافئ للعضو.
ORGANIC	عضوي لفظ يصف كل المركبات التي تحتوي جزيئاتها على الكربون مع استثناءات قليلة مثل ثاني أكسيد الكربون والكربونات.
ORGANISM	كائن حي كائن حي مفرد.
OSMOSIS	أسموزية إنتشار مذيب (عادة الماء) خلال غشاء شبه منفذ.
OSSICLE	عظمة صغيرة عظمة صغيرة مثل تلك التي تنقل الذبذبات عبر الأذن الوسطى.
OUT BREEDING	مجهين خارجي تزاوج بين أفراد متباينة وراثيا وغير قريبة النسب.
OVIVIPAROUS	حيوانات بيوضة حيوانات ذوات أجنة تنمو الى الطور البالغ بداخل جسم الأم بينما تؤمن غذاءها من البيضة بدلا من تأمينه من أنسجة الأم مباشرة مثل العديد من الحشرات والقواقع والأسماك والسحالي والشعابين.
OVULATION	افراز البيض افراز بيضة أو أكثر من المبيض.
OVULE	بويضة حافطة جراثيمية كبيرة موجودة بداخل مبيض النبات البذري . بعد الاخصاب تتحول البويضة الى بذرة.
OXIDATION	أكسدة عملية ازالة اليكترونات من المادة.
PARASITE	طفيل كائن حي يعيش على أو في داخل كائن حي آخر ويستمد منه غذاءه ويسبب له بعض الضرر.

PARENCHYMA	برانشيمية
	نسيج نباتي يتكون من خلايا رقيقة الجدر وغالبا متباعدة بعض الشيء ويارس عملية البناء الضوئي و/أو تخزين الغذاء .
PARTHENOGENESIS	التوالد البكري
	نشوء بيضة غير مخصبة الى فرد جديد . غالبا يحدث بصورة طبيعية في نباتات وحيوانات معينة مثل حشرات المن .
PATHOGEN	مسبب المرض
	كائن أو فيروس يسبب المرض .
PENTOSE	سكر خماسي
	سكر يحتوي على خمس ذرات كربون مثل الريبولوز .
PERISTALSIS	تموجات ذاتية
	موجات متتابعة تمر طوليا بجدر الأعضاء الأنبوية . مثل الأمعاء فتدفع محتوياتها للأمام .
pH	درجة الحموضة
	اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين (بالمول في اللتر) في المحلول . وهو مقياس لدرجة الحموضة والقلوية .
PHAGOCYTOSIS	التهام خلوي
	إحاطة مواد صلبة بواسطة خلية .
PHENOTYPE	طراز مظهري
	مظهر الكائن الحي . وهو ناتج عن التفاعل بين طرازه الجيني والبيئة التي يعيش فيها .
PHEROMONE	فيرومون
	مركب يفرز خارجيا بواسطة الحيوان ويؤثر على أفراد آخرين من نفس النوع .
PHLOEM	لحاء
	نسيج وعائي معقد في النباتات ينقل الغذاء الى كل أجزاء النبات .
PHONEME	صوت أساسي
	أحد الأصوات الأساسية التي يتكون منها الكلام .
PHOSPHOLIPID	دهن مفسفر
	أحد مشتقات الدهون فيه يستبدل حامض دهني واحد بمجموعة فوسفات ويواحد من

- عدة جزيئات تحتوي على التروجين .
PHOTOPERIODISM التوقيت الضوئي
استجابة نشئية أو سلوكية من الكائن لطول مدة النهار أو الظلام .
PHYLOGENY تاريخ تطوري
التاريخ التطوري للنوع .
PHYLUM قبيلة
فئة تصنيفية رئيسية تضم صف واحد أو أكثر . في تصنيف النباتات غالبا يستخدم اللفظ
نسم بدلا من قبيلة .
PHYSIOLOGY علم وظائف الأعضاء
دراسة العمليات التي تحدث في الكائنات الحية .
PIGMENT صبغة
مادة تمتص الضوء وغالبا انتخايبا .
PLANTARIAN بلاتاريان
دودة مفلطحة تعيش حرة وعادة مائية . تكون تحت قسم من صف التوريبيلاريا .
PLANKTON بلانكتون
كائنات من البروتيسستا غالبا مجهرية وطافية . الحياة الحيوانية في كمية من الماء .
PLASMA بلازما
الوسط السائل للدم .
PLASMODIUM بلازموديوم
كتلة متحركة وعديلة الأنوية من البروتوبلازم .
PLASMOLYSIS بلزمة
انكماش السيتوبلازم بعيدا عن جدار الخلية النباتية الموضوعة في وسط زائد التوتر بسبب
فقد الماء بالخاصية الأسموزية .
PLEIOTROPY تعدد التأثير
أحداث أكثر من تأثير واحد على الطراز المظهري للكائن بواسطة جين واحد .
PLUMULE الريشة
البرعم الطرفي لجنين النبات ، عادة تتكون من أوراق جنينية والسويقة الجنينية العليا .

POIKILOTHERMIC	ذوات الدم البارد
	لها حرارة جسم تتأرجح مع حرارة الوسط المحيط بالجسم .
POLARITY	قطبية
	التوجيه الأمامي - الخلفي الذاتي في كائن والذي يبدو أنه مشلول عن تجدد الأجزاء المفقودة من الجسم كما في البلاتانيان بطريقة مناسبة لبقية أجزاء الجسم .
POLYMER	بلمرة
	مركب يتكون الجزء فيه من وحدات عديدة متكررة مرتبطة مع بعضها البعض .
POLYMORPHISM	تعدد الأشكال
	وجود طرازات شكلية عديدة ومتميزة في العشيرة مثل ملكة وذكر وشغالات النحل .
POLYP	بوليب
	جسم أنبوي الشكل مثبت، يميز أغلب الكنيداريات على الأقل أثناء أحد أطوار حياتها . الهيدرا والمرجان هي من البوليب .
POLYPEPTIDE	عديد الببتيد
	جزء يتكون من أقل من مائة حامض أميني مرتبطة مع بعضها في سلسلة واحدة .
POLYPLOIDY	تضاعف كروموسومي
	به ثلاثة أو أكثر من المجموعات (أحادية العدد الكروموسومي) الكروموسومية الكاملة .
POLYSACCHARIDE	عديد السكر
	مادة كربوهيدراتية (مثل النشا والسيليلوز) تتكون من ثلاثة أو أكثر من أحاديات السكر المرتبطة مع بعضها .
POLYTENE	الكروموسوم العملاق
	كلمة تستخدم لوصف الكروموسوم العملاق متعدد الخيوط الموجود في خلايا معينة نشيطة أيضا في الحشرات .
POPULATION	عشيرة
	جميع أفراد النوع الواحد الموجودون في منطقة محددة .
PRECURSOR	منشئ
	مادة تتكون منها مادة أخرى .
PRECURSOR ACTIVATION	تنشيط المنشئ
	تنشيط آخر انزيم في المسار الأيضى بواسطة مادة التفاعل الخاصة بالانزيم الأول في

- هذا المسار.
- PREDIATION** افتراس
العيش على التهام كائنات أخرى.
- PRIMARY HOST** عائل ابتدائي
العائل الذي يستخدمه عادة الطفيل أثناء الطور البالغ من دورة حياته.
- PRIMARY TRANSCRIPT** المنسوخ الابتدائي
الجزئى الأصلي من الحامض RNA الذي تم تخليقه بواسطة نسخ الجين في حقيقيات النواة. جزئى الحامض mRNA يتم تجهيزه منه.
- PRIMITIVE** بدائي
يشبه ذلك الموجود في التاريخ التطوري المبكر للعضو أو للكائن.
- PROBOSCIS** خرطوم
امتداد أنبوري عند الطرف الأمامي للحيوان ويستخدم عادة في التغذية.
- PRODUCER** منتج
كائن يستطيع تخليق جزيئات عضوية من جزيئات غير عضوية، أي ذاتي التغذية، المنتجون يبدأون السلاسل الغذائية.
- PROGLOTTID** قطعة لسانية
أحدى قطع الدودة الشريطية.
- PROKARYOTE** بدائي النواة
كائن لا تحتوي خلاياه على أنوية محاطة بأغشية ولا على عضيات أخرى محاطة بأغشية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات، تشمل البكتيريا والطحالب الزرقاء. غالباً تكتب procaryote.
- PRONUCLEUS** نواة أولية
نواة الحيوان المنوي ونواة البويضة في البويضة المخصبة قبل اندماجها لتكوين نواة الزيجوت ثنائية العدد الكروموسومي.
- PROSTAGLANDIN** بروستاغلاندين
أي من عدد من الأحماض العضوية المحتوية على ٢٠ ذرة كربون والتي يتم تخليقها في الجسم من أحماض دهنية غير مشبعة وتكون مسئولة عن العديد من النشاطات الأيضية.

PROSTHETIC GROUP**مجموعة فعالة**

الجزء غير البروتيني من بروتين مقترن. أيونات المعادن والكثير من الجزيئات العضوية (مثل الفيتامينات والسكريات والدهون) تستطيع أن تعمل كمجموعات فعالة. عادة ترتبط المجموعات الفعالة مع بروتينها تساهميا.

PROTEASE**بروتيسز**

انزيم يعمل على تميؤ الروابط الببتيدية سواء في البروتينات أو في الببتيدات.

PROTEINASE**بروتينيز**

انزيم يعمل على تميؤ الروابط الببتيدية في البروتينات.

PROTON**بروتون**

جسيم ذو شحنة موجبة موجود في أنوية جميع الذرات. أيون الهيدروجين H^+ هو بروتون.

PROTOPLAST**بروتوبلاست**

خلية لنبات (أو لبكتيريا) نزع عنها غشائها.

PROTOZOAN**حيوان أولي**

كائن حقيقي النواة وحيد الخلية، شاذ التغذية وغالبا متحرك. الأميبا مثال شائع.

PROXIMAL**قريب**

يوجد بالقرب من مكان المنشأ أو مكان الاتصال.

PSEUDOCOEL**فراغ كاذب**

فراغ جسم يوجد في بعض الحيوانات (مثل الديدان الأسطوانية) بين جدار الجسم (الميزودرم) والقناة الهضمية (الاندودرم). لا تبطنه طبقة من الخلايا الميزودرمية كما في الفراغ الحقيقي.

PUPA**عذراء**

طور (عادة ساكن) بين اليرقة والطور البالغ للحشرات ذات التطور الكامل.

PURINE**بيورين**

قاعدة مزدوجة الحلقة ومحتوية على النتروجين تكون من بين مكونات الأحماض النووية والكثير من المواد الأخرى ذات النشاطات الحيوية.

PYRIMIDINE**بيريميدين**

قاعدة أحادية الحلقة محتوية على النتروجين وتكون من بين مكونات الأحماض النووية.

RADICLE	الجذير الجزء الجذري من جنين النباتات البذرية .
REACTANT	مادة متفاعلة مادة تدخل في تفاعل كيميائي .
RECAPITULATION	السيرة التطورية وجود أطوار في النشوء الجنيني للفرد يظن أنها كانت موجودة في النشوء الجنيني لأسلافه .
REDOX POTENTIAL	جهد ريدوكس مقياس بالفولت لآلفة المادة للاليكترونات بالمقارنة مع الهيدروجين (والمضبوطة عند الصفر) . المواد ذات السالبية الكهربية (أي القادرة على الأكسدة) الأقوى من الهيدروجين لها جهد ريدوكس موجب . المواد ذات السالبية الكهربية الأقل من الهيدروجين (أي القادرة على الاختزال) لها جهد ريدوكس سالب .
REDOX REACTION	تفاعل ريدوكس تفاعل كيميائي تنتقل الاليكترونات فيه من ذرة (تتأكسد) الى أخرى (فتختزل) .
REDUCTION	اختزال عملية اضافة اليكترونات الى مادة .
REFRACTORY PERIOD	فترة عدم الاستجابة فترة وجيزة تتبع استجابة خلية عصبية أو ليفة عضلية تكون أثناءها غير قادرة على استجابة ثانية .
REGENERATION	تجدد النمو ثانية لأجزاء مصابة أو مفقودة من كائن حي .
REGULATOR GENE	الجين المنظم الجين المنتج للكابت .
RELEASER	المحرر منبه يبدأ السلوك الغريزي .
REM (ROENTGEN EQUIVALENT MAN)	رونتجين مكافئ رجل كمية الاشعاع الممتص التي تسبب ضررا لأنسجة الانسان يكافئ الضرر الذي يحدثه رونتجن واحد من الأشعة السينية .

REPRESSOR	الكابت بروتين يوقف فعل الجين باتحاده مع جين فعال.
RESTRICTION ENDONUCLEASE	اندونيوكليز التحديد انزيم يقطع جزيئات الحامض DNA فقط عند أو بالقرب من تتابعات معينة من القواعد.
REVERSE TRANSCRIPTASE	ترانسكريبتيز العكس انزيم يحفز تخليق الحامض DNA المتوافق مع قالب من الحامض RNA ، أي بوليميريز الحامض DNA المعتمد على الحامض RNA.
RHIZOBIUM	ريزوبيوم بكتيريا التربة المتنامية الى جنس بهذا الاسم وهي قادرة على تثبيت النروجين بعد اقامة علاقة تكافلية مع جذر نبات بقولي.
RIBONUCLEIC ACID (RNA)	حامض ريبيونوكلييك حامض نووي يوجد في النواة وفي السيتوبلازم ويعمل في تخليق البروتين.
RIBONUCLEOPROTEIN	ريونوكليوبروتين مركب معقد من الحامض RNA والبروتين.
RNA POLYMERASE	بوليميريز الحامض RNA انزيم يحث الربط بين الريونوكليوتيدات لتكوين حامض RNA متوافق مع قالب اما من الحامض DNA أو من الحامض RNA.
SAPROPHYTE	مترمم نبات (أو فطر) شاذ التغذية يؤمن غذاءه بالهضم خارج الخلايا للمواد العضوية غير الحية.
SARCOMERE	قطعة عضلية الوحدة المنقبضة المتكررة في الليفة العضلية . وتكون محدودة عند كل من طرفيها بخط (Z).
SCAVENGER	آكل البقايا حيوان يتغذى على الكائنات الميتة أو بقايا الكائنات.
SCION	طعم جزء مقطوع من نبات (مثل قطعة من ساق) يطعم على نبات آخر.

SCLERENCHYMA

سكلرنشيمة

نسيج نباتي دعامي يتكون من خلايا ذات جدر منتظمة التغليف وغالبا ملجننة .

SEED

بذرة

نبات جنيني مزود بالغذاء وتحميه أغلفة البذرة . تعمل كوسيلة للانتشار في عاريات البذور وكاسيات البذور . تنشأ من البويضة المخصبة .

SEQUENCE

تتابع

الترتيب الخطي للأحماض النووية في سلسلة عديدة الببتيد أو للنيوكليوتيدات في حامض نووي .

SERUM

مصل

السائل الشفاف الذي يمكن ضغطه للخارج من جلطة دموية : أي بلازما الدم بعد استبعاد الفبرينوجين وعوامل التجلط الأخرى منها .

SESSILE

جالس

١) في النباتات : يفترق الى وجود العنق مثل ورقة بدون عنق ، ٢) في الحيوانات : ملتصق بشيء ، مثبت .

SEXUAL REPRODUCTION

تكاثر جنسي

انتاج أفراد جدد بانحاد المادة الوراثية (DNA) لخليتين مختلفتين ، عادة أمشاج وعادة من أبوين مختلفتين .

SIGNAL SEQUENCE

تتابع الاشارات

تتابع قصير من وحدات الحامض الأميني يوجد عند النهاية الأمينية لعديدات الببتيد حديثة التخليق ويتم التخلص منه عند دخول عديد الببتيد الى تجاويف الشبكة الاندوبلازمية .

SOLUTE

ذائب

مادة ذائبة في محلول .

SOLUTION

محلول

مزيج يتكون من جزيئات أو أيونات يقل قطرها عن نانومتر واحد وتكون معلقة في وسط سائل (هو الماء في معظم الأجهزة الحيوية) .

SOLVENT

مذيب

الوسط الذي يذيب المواد في المحلول .

SOMITE	سوميت
	أحدى كتل الميزودرم التي تنشأ في سلسلة طويلة على كل من جانبي الحبل الشوكي في أجنة الفقاريات.
SPECIATION	التنوع
	نشأة الأنواع.
SPECIES	نوع (أنواع)
	(من اللاتينية، بمعنى نوع) فئة تصنيفية تتكون من مجموعة من العشرات التي تتزاوج أو يمكن أن تتزاوج فيما بينها وإن كانت لا تتزاوج عادة مع مجموعات أخرى حتى عندما تتاح لها الفرصة (المفرد والجمع يكتبان بنفس الحروف).
SPIRACLE	ثغر تنفسي
	(١) في الحشرات: الفتحة الخارجية للقصبة الهوائية، (٢) في كثير من الأسماك: البقية الأثرية لأول شق خيشومي في أسلافها من الأسماك عديمة الأسنان.
SPORANGIUM	حافظة جرثومية
	تركيب تنشأ بداخله الجراثيم غير الجنسية.
SPORE	جرثومة (بوغ)
	تركيب تكاثري لاجنسي، عادة وحيد الخلية يعمل على انتشار النوع و/أو يمكنه من تخطي الظروف غير المواتية، كما أنه ينمولىعطي فرد جديد.
SAPROPHYTE	الطور الجرثومي
	مرحلة في دورة حياة النبات يكون فيها ثنائي العدد الكروموسومي ومنتج للجراثيم.
STATOCYST	حويصلة توازن
	عضو الاتزان الموجود في بعض اللافقاريات المائية.
STEROID	ستيرويد
	أحد المركبات العديدة القابلة للذوبان في الدهون والنشطة حيويًا وتحتري جزئياتها على نظام من أربعة حلقات بها ١٧ ذرة كربون (أنظر الشكل ٨-٤).
STIMULUS	منبه
	تغير في بيئة كائن يتسبب في بدء استجابة.
STOCK	أصل
	جزء من نبات (عادة يحتوي على جذور) يتم غرس الطعم عليه.

STOLON	مداد
	ساق يتمدد أفقيا ويتبع نباتات جديدة عند عقده .
STROBILUS	غروط
	تجمع لأوراق منحورة تحمل حوافظ جرثومية ، يسمى أيضا cone.
STRUCTURAL GENE	جين تركيبي
	تتابع من النيوكليوتيدات يحمل الشفرة لنتاج جيني واحد ، أي يتم نسخه الى جزىء من حامض RNA.
SUBERIN	سوبرين
	مادة شمعية توجد في جلد خلايا الفلين فتجعلها غير منقذة للماء .
SUBSTRATE	طبقة تحتية
	(١) مادة يعمل عليها انزيم ، (٢) قاعلة (مثل تربة أو صخرة) يعيش عليها كائن حي . تسمى أيضا substratum.
SUCCESION	تعاقب
	تغير تقدمى في طبيعة عشيرة نباتية في منطقة ما .
SUSPENSION	معلق
	مزيج يحتوي على دقائق صلبة قطرها أكثر من مائة ميكرون وموزعة في كل أنحاء سائل . في النهاية تستقر هذه الدقائق في القاع تحت تأثير الجاذبية .
SYMBIOSIS	تكافل
	المعيشة في ترابط وثيق، بين كائنات من أنواع مختلفة . تبادل المنفعة والتطفل والمشاركة الغذائية هي من صور التكافل .
SYNAPSE	فجوة عصبية
	فجوة بين خليتين عصبيتين ينتقل عبرها النبض العصبي .
SYNOPSIS	تلاحم
	اتحاد، جنبا الى جنب، بين الكروموسومات المتماثلة في المراحل المبكرة للانقسام الاختزالي .
SYNCYTIUM	مدمج خلوي
	كتلة من السيتوبلازم تحتوي على عديد من الأنوية وتتكون نتيجة لاندماج خلاياه .

SYNDROME	سيندروم (من اليونانية بمعنى توليفة). مجموعة الأعراض والعلامات المميزة لمرض معين.
SYNGAMY	اتحاد مشيجي اتحاد الأمشاج في التكاثر الجنسي.
SYNTHESIS	تخليق تكوين مركب من مواد أخرى، عادة أبسط منه.
SYSTEM	جهاز مجموعة أعضاء تعمل كوحدة واحدة على أداء وظيفة واحدة أو أكثر، مثل أعضاء الجهاز الهضمي.
SYSTOLE	سيستول طور من أطوار انقباض القلب.
T CELL	خلية ت (خلية ليففاوية) تحتاج الى وجود الغدة التيموسية كي يكون لها نشاط مناعي.
TAIGA	تايجا (كلمة روسية). الغابات المخروطية الشبالية.
TAXIS	حركة تلقائية حركة تلقائية لكائن متحرك في اتجاه يحدده الاتجاه الذي يصيبه منه المنبه.
TAXONOMY	تصنيف (من اليونانية: taxis بمعنى ترتيب، nomos بمعنى قانون). تصنيف الكائنات الحية.
TERATOGEN	تراتوجين مادة تسبب تشوهات المواليد.
TETANUS	تيتانوس أقصى انقباض متواصل لعضلة.
THRESHOLD	حافة أدنى شدة لمنبه يستجيب لها تركيب.
THROMBIN	ثرومين (من اليونانية: بمعنى جلطة)، انزيم يحول الفيبرينوجين الى فيبرين.

THYLAKOIDS

أشباه حجيرات

أزواج من الأغشية. المحتوية على الكلوروفيل تكون تراكيب تشبه الأقراص بداخل البلاستيدات الخضراء. الأكوام المترصة من أشباه الحجيرات تسمى الحبوب.

TISSUE

نسيج

تجمع لخلايا ترتبط مع بعضها بجدر خلوية (في النباتات) أو بوسط بين خلوي في الحيوانات وتؤدي وظيفة معينة.

TONUS

تونس

الانقباض الجزئي المتواصل لعضلة.

TORR

تور

وحدة لقياس الضغط تساوي الضغط الناتج عن عمود من الزئبق ارتفاعه ١ مم، أي تساوي ١ مم / زئبق.

TOXIN

سم

من نواتج الأيض (عادة بروتين) لكائن حي ويكون ساما لكائن حي آخر.

TOXOID

شبه سم

سم معالج بحيث يفقد خواصه السامة ولكن يبقى قادرا على تنبيه عملية إنتاج الأجسام المضادة.

TRACHEOPHYTE

نبات وعائي

نبات به جهاز وعائي من خشب ولحاء. يشمل جميع النباتات ماعدا الخزازيات وأقاربها.

TRANQUILIZER

مهدئ

عقار يستخدم لتقليل القلق أو المنغصات العاطفية الأخرى. المهدئات الرئيسية مثل الكلورورومازين تستخدم تهدئة مرضى الأمراض العقلية، المهدئات الصغرى مثل ميريوباميت تستخدم على نطاق واسع لتقليل القلق والتوتر.

TRANSCRIPTION

النسخ

تخليق تتابع من الريبونوكليوتيدات المكمل لتتابع الذي أوكسي ريبونوكليوتيدات في جزئ الحامض DNA.

TRANSFORMATION

تحول

تغير الطراز الجيني للخلية بادخال حامض DNA من مصدر آخر إليها. أيضا يعني

تحويل خلية عادية الى خلية سرطانية.

TRANSLATION

ترجمة

تخليق عديد ببتيد على أساس الشفرة المعدة سابقا في جزء من الحامض RNA.

TRANSLOCATION

نقل

(١) نقل مواد من أحد أجزاء نبات الى جزء آخر. (٢) نقل قطعة من كروموسوم الى كروموسوم آخر غير متشابه.

TRANSPIRATION

نتح

تبخر الماء من النباتات.

TROPHIC LEVEL

مستوي غذائي

موقع في السلسلة الغذائية مثل المستهلك الابتدائي، المستهلك الثانوي، الخ.

TROPISM

انتحاء

استجابة تلقائية لنمو أو توجيه في اتجاه يحدده الانحياز الذي يصيب المنبه منه الكائن.

TUNDRA

تندرا

سهول مستوية نسيا ليس بها أشجار، شمال اقليم التايجا وجنوب المنطقة القطبية الشمالية.

TUGOR

امتلاء

تمدد جدرخلية نباتية نتيجة تجمع الماء بداخل الخلية.

VACCINE

لقاح

تحضير من كائن مسبب المرض ميت أو ضعيف عند حقنه في الجسم ينبه إنتاج الأجسام المضادة دون أن يسبب ظهور أعراض المرض.

VASCULAR

وعائي

به أجهزة لنقل السوائل.

VASECTOMY

خصي

الازالة الجراحية لجزء من كل وعاء ناقل وذلك لمنع اضافة الحيوانات المنوية الى السائل المنوي.

VECTOR

ناقل للمرض

حيوان مثل حشرة ينقل الطفيليات.

VERTEBRATE

فقاري

حيوان له عمود فقري، يشمل الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات.

VESTIGIAL

أثرى

لفظ يطلق على تركيب ضامر أو غير كامل النشأة وكان كامل النشأة في أحد الأَطوار المبكرة من حياة الكائن أو في أسلافه.

VIRION

فيروس

دقيقة فيروسية كاملة تتكون من مادة وراثية (الحامض DNA أو الحامض RNA) ومغاطة بغلاف بروتيني (وأحيانا مواد أخرى كذلك).

VISCERA

أحشاء

أعضاء في تجويف الجسم.

VITAMIN

فيتامين

مركب عضوي يحتاج اليه الكائن بكميات ضئيلة في أيضه ولا يستطيع تخليقه من المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات الموجودة في غذائه.

VIVIPAROUS

ولود

له أجنة تنمو الى الشكل البالغ بداخل جسم الأم حيث تضمن الأم غذاء تلك الأجنة من أنسجتها وليس في مح البيضة.

XYLEM

خشب

نسيج وعائي ينقل الماء والمعادن الذائبة من الجذور الى أعلى وغالبا يدعم النبات أيضا.

YEAST

خميرة

فطر زقي وحيد الخلية. أحد أنواع الخميرة يستخدم في صنع البيرة وعمل الخبز لكفاءته في تخمر المواد الكربوهيدراتية الى كحول ايثيلي وثاني أكسيد كربون.

ZOOLOGY

علم الحيوان

دراسة الحيوانات.

ZOOSPORE

جرثومة سباحة

جرثومة لها أسواط وسباحة في وسط سائل. تنتج عن طريق التكاثر اللاجنسي.

ZYGOTE

زيجوت

خلية تتكون نتيجة اتحاد مشيجين.

BIOLOGY

هذا الكتاب

إن التقدم السريع الذي يحدث في علوم الأحياء، يجعل هناك المزيد والمزيد دائماً مما نود أن نقوله لأساتذة وطلاب هذا العلم ولكن من عيوب ذلك أن كتب علم الأحياء تزداد كثيراً في الحجم.

لذا نجد أن هذا الكتاب قد تم تجهزته إلى جزئين، الجزء الأول «وهو في كتاب مستقل» يشمل ستة أقسام، وهي مبوبة بدورها إلى خمسة وعشرين باباً. وهذه الأقسام الستة تتلخص في: مقدمة، تنظيم الحياة، حياة الخلية، الوراثة، التكاثر والنشأة، تنظيم البيئة الداخلية.

أما الجزء الثاني «وهو أيضاً في كتاب مستقل عن الجزء الأول» فقد تم تقسيمه إلى ثلاثة أقسام، وقد تم تبويبها في سبعة عشر باباً. وهذه الأقسام الثلاثة تتحدث عن: الاحساس والتناسق، التطور، علم البيئة «الدراسة الاحيائية للعشائر وبيئتها». كما أنه في نهاية الجزء الثاني نجد نبذة عن النظام الدولي للوحدات، وكذلك قائمة المصطلحات مرتبة أبجدياً بالعربية ثم بالانجليزية.